



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ANALÝZA INTERNÍCH VÝPADKŮ NA NATAVENÉ TRÍSKY VE FIRMĚ BOSCH DIESEL S.R.O.

ANALYSIS OF INTERNAL FAILURES ON MELTED CUTS AT BOSCH DIESEL S.R.O. COMPANY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Rauscher

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Zdeněk Fiala, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Tomáš Rauscher
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Zdeněk Fiala, Ph.D.
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Analýza interních výpadků na natavené třísky ve firmě Bosch Diesel S.R.O.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student provede analýzu výrobního procesu, nalezení zdroje natavených třísek v tělese CP3 a odstranění tohoto zdroje.

Cíle bakalářské práce:

Úvod

1. Provedení analýzy dané problematiky
2. Experimentální měření
3. Vyhodnocení naměřených dat
4. Závěry a doporučení pro praxi

Seznam literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. První. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.

HUMÁR, Anton, Materiály pro řezné nástroje. První. Praha: MM publishing, s.r.o., 2008. ISBN 978-8-254-2250-2.

TLUSTÝ, J. Manufacturing processes and equipment. New York : Prentice Hall, 1999. 928 s.

STAHL, Jan-Eric. Metal cutting: Theories and Models. Lund Univeristz: Division of Production and Material Engineering, 2012. ISBN 978-91-637-1336-1.

DIMLA, E. a S. DIMLA. Sensor signals for tool-wear monitoring in metal cutting operations - a review of methods. Machine Tools&Manufacture. 1999, č. 40, s. 1073-1098. DOI: S0890-6955(99)00122-4.

Bosch deburring techniques at valeo securities. (1993). Assembly Automation,13(3), 40. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/212602599?accountid=17115>

Kennametal inc.; "device for the thermal deburring of workpieces" in patent application approval process. (2014). Life Science Weekly, , 2899. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/1629684875?accountid=17115>

Kennametal inc.; patent issued for device for the thermal deburring of workpieces. (2014). Journal of Engineering, , 4239. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/1640709338?accountid=17115>

PROVE TECH CZ: Jak funguje termické odhroťování [online]. [vid. 2016-02-23]. Dostupné z: http://www.provetech.cz/?page_id=23

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá analýzou současného stavu interních výpadků na natavené třísky ve firmě Bosch Diesel, s.r.o. dále pak návrhem nástrojů, kterými bude dosaženo snížení interních výpadků na natavené třísky a následným testováním těchto nástrojů.

Klíčová slova

natavená tříska, termické odjehlování, těleso CP3, interní výpadky

ABSTRACT

The main point of the bachelor thesis is analysis of present situation of internal failures on melted cut at Bosch Diesel s.r.o. company. Further it includes suggestions of machining tools. Applications these tools will help achieve reduction of internal failures on melted cut and next it includes test these tools.

Key words

melted cut, thermic deburring, housing CP3, internal failures

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RAUSCHER, T. *Analýza interních výpadků na natavené třísky ve firmě Bosch Diesel s.r.o.*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 57 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zdeněk Fiala, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Analýza interních výpadků na natavené třísky ve firmě Bosch Diesel, s.r.o.**, vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Tomáš Rauscher

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Zdeňku Fialovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Zvláštní poděkování patří společnosti Bosch Diesel, s.r.o., za umožnění vypracování bakalářské práce a panu Ing. Václavu Rudelovi za jeho odborné a věcné připomínky při její tvorbě.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 BOSCH DIESEL, s. r. o. - VÝROBNÍ PROGRAM SPOLEČNOSTI	10
1.1 Vznik Bosch Diesel, s.r.o., v Jihlavě	10
1.2 Přehled produktů vyráběných v Jihlavě.....	10
2 TERMICKÉ ODJEHLOVÁNÍ.....	12
2.1 Princip termického odjehlování	12
2.2 Stroj pro termické odjehlování	13
2.3 Změny obrobku.....	14
2.4 Vhodnost použití.....	14
2.5 Upnutí obrobku	14
2.6 Čistota a konzervace	15
2.7 Použití v průmyslu a produktivita procesu	15
3 TĚLESO CP3.....	16
3.1 Popis tělesa CP3.....	16
3.2 Obrábění tělesa CP3.....	18
4 NATAVENÁ TRÍSKA A JEJÍ VZNIK.....	19
4.1 Natavená tříška	19
4.2 Vznik natavených třísek.....	20
5 ANALÝZA NATAVENÝCH TRÍSEK	22
5.1 Analýza současného stavu	22
5.1.1 Výběr krizové rodiny	22
5.1.2 Výběr krizového typu	23
5.1.3 Výběr krizové plochy výskytu natavených třísek.....	25
5.1.4 Koncentrační diagramy natavených třísek.....	29
5.1.5 Analýza těles po obrábění	32
5.1.6 Množství přichycených třísek před ručním odjehlováním	36
5.2 Test procesu termického odjehlování	37
5.2.1 Vzájemná poloha těles v přípravku TEMu v reálném procesu.....	37
5.2.2 Vzájemná poloha těles v přípravku TEMu v průběhu testu	37
5.2.3 Příprava testu	38

5.2.4 Zakládání těles a vložek do přípravku TEMu v průběhu testu	40
5.2.5 Vyhodnocení testu procesu termického odjehlování	42
5.2.6 Dílčí závěr	47
5.3 Návrhy nových nástrojů na odjehlování krizových průniků.....	48
5.3.1 Odhrotovací spirála EW 100 S	48
5.3.2 Vrták s vnitřním chlazením T6026	50
5.3.3 Vysokotlaké praní krizových průniků.....	51
5.3.4 Vyhodnocení z testování nových nástrojů	52
5.4 Stav natavených třísek v průběhu testů.....	53
ZÁVĚR	54
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	55
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	56
SEZNAM PŘÍLOH.....	57

ÚVOD

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu interních výpadků těles čerpadla CP3 na chybu natavená tříska. Analýza a následná redukce výpadků, tj. výrobků vyrobených s odchylkou, je pro každou výrobu nesmírně důležitá a je její nedílnou součástí. Ve firmě Bosch Diesel, s.r.o., je tomu stejně tak. Výrobek s odchylkou rovná se zmetek, který musí být opraven. To v konečném důsledku znamená, že se s rostoucím počtem výpadků zvyšuje výrobní cena vyráběné součásti, což je samozřejmě nežádoucí. Konkrétně ve společnosti Bosch Diesel, s.r.o., je na redukci výpadků kladen velký důraz, a to snižováním hodnot, které by měly být v daném roce dosaženy.

Ve firmě Bosch Diesel, s.r.o., rozeznáváme více druhů výpadků, mezi které patří například mechanické poškození, natavené třísky, koroze, nečistoty po kalírně a další. V této bakalářské práci se zabývám výpadkem s názvem natavené třísky, který patří pravidelně mezi 2 nejrozšířenější výpadky. Z toho důvodu je tomuto výpadku věnována velká pozornost.

1 BOSCH DIESEL, s. r. o. - VÝROBNÍ PROGRAM SPOLEČNOSTI

V následujících podkapitolách je věnován prostor představení společnosti Bosch Diesel, s.r.o. a jejímu výrobnímu programu.

1.1 Vznik Bosch Diesel, s.r.o., v Jihlavě

První smlouva mezi společnostmi Robert Bosch a jihlavským Motorpalem byla uzavřena 2. října 1992. Bosch Diesel, s.r.o., byl založen 4. ledna 1993 [2].

Historie Bosch v Jihlavě je však podstatně starší. V roce 1927 zde byl založen servis Bosch, který byl provozován Josefem Poláčkem a Josefem Binderem, kteří se souhlasem mateřského závodu prodávali a opravovali výrobky značky Bosch. V roce 1948 Josef Poláček toto podnikání ukončil z důvodu změněných poměrů [1,2].

Společným projektem Bosch a Motorpalu bylo postavení nové haly na Humpolecké, kde bylo vyrobeno první jednoválcové čerpadlo PF33. Od 1. října 1996 se Bosch Diesel, s.r.o., stal samostatným majitelem společnosti, když od Motorpalu odkoupil jeho podíl. V dalších letech zaznamenal Bosch Diesel, s.r.o., prudký rozvoj, kdy byly vystavěny další dva výrobní závody v Jihlavě, na Dolině a na Pávově. V roce 2008 byla v Jihlavě na Pávově slavnostně otevřena hala 350, která je největší výrobní halou firmy Bosch na světě. Bosch Diesel, s.r.o., v Jihlavě zaměstnává zhruba 5000 pracovníků, je tedy největším zaměstnavatelem kraje Vysočina a společně s dalšími závody Bosch Group i významným zaměstnavatelem v České republice [1,2].

Produkce v Bosch Diesel, s.r.o., Jihlava je zajišťována ve třech výrobních závodech:

- Závod I – Humpolecká
- Závod II – Dolina
- Závod III – Pávov

1.2 Přehled produktů vyráběných v Jihlavě

Převážnou část výrobního programu tvoří komponenty pro palivový vstříkovací systém Common Rail. Produkty jsou dodávány předním celosvětovým výrobcům automobilů a musí tak splňovat ty nejpřísnější kritéria kvality.

Výrobní program:

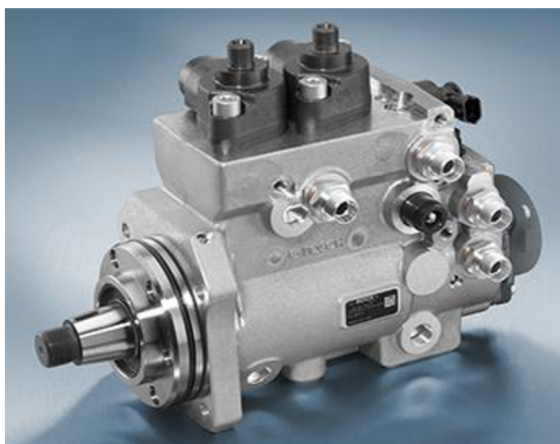
- Vysokotlaké čerpadlo CP3 (viz obr. 1.1)
- Vysokotlaké čerpadlo CP4 (viz obr. 1.2)
- Vysokotlaké čerpadlo CPN5 (viz obr. 1.3)
- Vysokotlaký ventil DRV (viz obr. 1.4)
- Tlakový zásobník rail (viz obr. 1.5)



Obr. 1.1 Vysokotlaké čerpadlo CP3 [2].



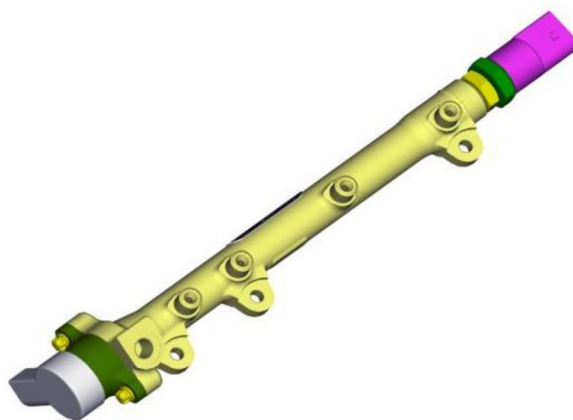
Obr. 1.2 Vysokotlaké čerpadlo CP4 [2].



Obr. 1.3 Vysokotlaké čerpadlo CPN5 [2].



Obr. 1.4 Vysokotlaký ventil DRV2 a DRV1 [2].



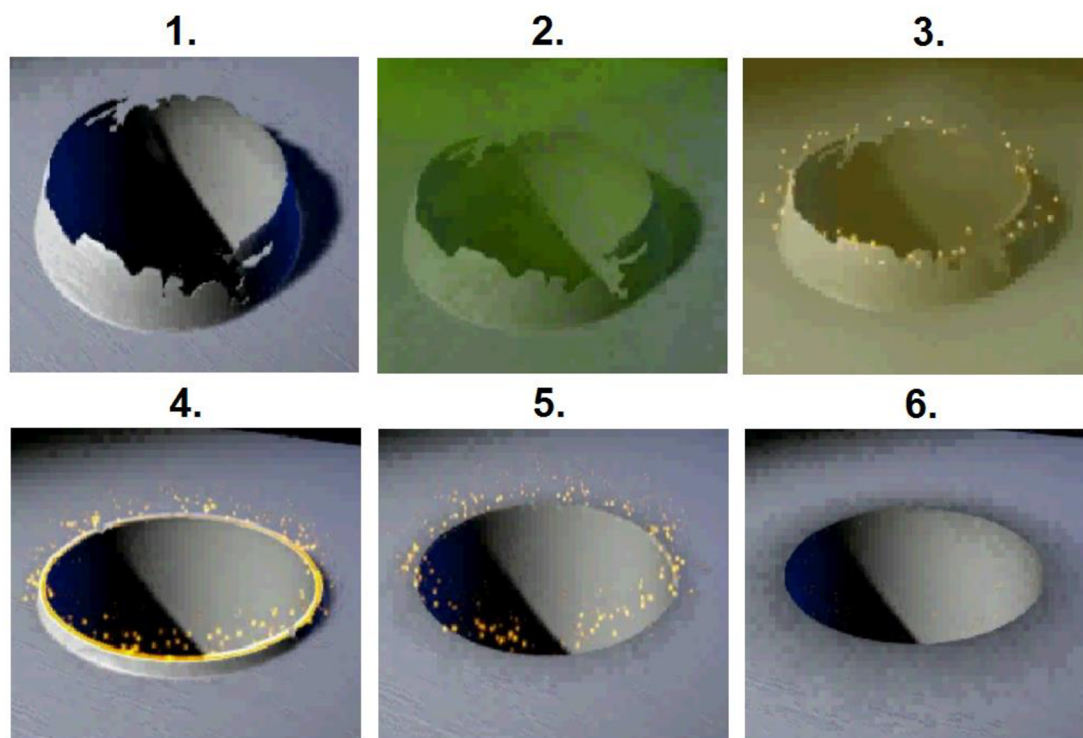
Obr. 1.5 Tlakový zásobník rail [2].

2 TERMICKÉ ODJEHLOVÁNÍ

Termické odjehlování neboli odjehlování výbuchem je nekonvenční metoda obrábění, která je schopna zajistit, že po proběhnutí procesu v obrobku nezůstanou žádné nežádoucí částice. Tato vysoce produktivní metoda se hojně využívá nejen v leteckém a automobilovém průmyslu, ale také pro hydraulické a pneumatické prvky, u kterých by i sebemenší nečistota, například tříska, mohla způsobit poškození dílů nebo systému. Tato metoda může být použita i pro odjehlování složitých obrobků [3,4,6].

2.1 Princip termického odjehlování

Obrobky jsou nejprve vloženy do přípravku, nebo do koše pro termické odjehlování, kde jsou hydraulicky zvednuty do odjehlovací komory, kam je následně pod tlakem deseti až dvaceti barů napuštěna přes směšovač zápalná směs kyslíku se zemním plynem, či metanem, nebo vodíkem. Tato směs je do odjehlovací komory vtačována s přesně daným poměrem jednotlivých složek kyslíku ku zemnímu plynu 1:1,5, který se určí podle materiálu, tvaru obrobku, podle velikosti a tvaru hrotů. Poté je směs zapálena zapalovací svíčkou, tím dojde ke kontrolovanému výbuchu, při kterém je dosaženo teplot 2500°C až 3500°C. Tato teplota je v komoře asi po dobu 20 ms. V této době dochází k vlastnímu procesu oxidace v každém místě obrobku. Tím, že v celém objemu odjehlovací komory proběhne oxidace neboli hoření, tak by měly být všechny hroty z obrobku odstraněny. Po odjehlování jsou obrobky z odjehlovací komory vyňaty. Fakt, že obrobek prošel procesem termického odjehlování, lze jednoduše rozpoznat tím, že má změněnou barvu vlivem zbylých oxidů odstraněných hrotů, které ulpěly na povrchu obrobku. Právě zbarvení obrobku je pro obsluhu jasným znakem, že proces termického odjehlování proběhl. Zbytky oxidů odstraněných hrotů můžeme odstranit druhým výbuchem v odjehlovací komoře termického odjehlování, a to pod menším tlakem než při prvním výbuchu a při změněném poměru kyslíku a zemního plynu (1:2,5) [3,5].



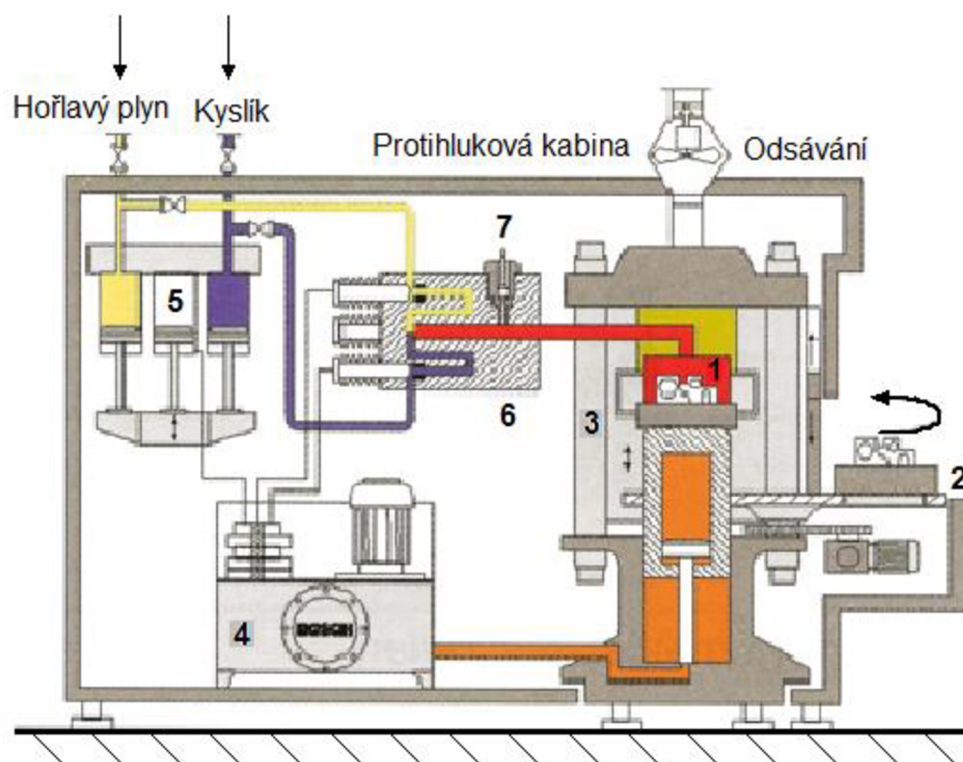
Obr. 2.1 Postup spalování otřepu při použití termického odjehlování [2].

Postup spalování otřepu při použití termického odjehlování je znázorněn na obr. 2.1 a je následující:

1. Otřep po obrábění
2. Plnění odjehlovací komory zápalnou směsí plynu a kyslíku
3. Zapálení směsi zapalovací svíčkou
4. Oxidace neboli hoření otřepu
5. Konec oxidace otřepu
6. Zpevňování hran

2.2 Stroj pro termické odjehlování

Schéma stroje pro termické odjehlování je znázorněno na obr. 2.2. Číslem 1 je označena odjehlovací komora, ve které probíhá vlastní proces termického odjehlování a ve kterém jsou během procesu upnuty obrobky. Číslem 2 je označen otočný stůl, na kterém jsou upnuty přípravky pro termické odjehlování, nebo koše pro termické odjehlování. Číslem 3 je znázorněn rám stroje. Číslem 4 je označena hydraulika stroje, pomocí které se přípravek pro termické odjehlování, nebo koš pro termické odjehlování dopraví do odjehlovací komory. Číslem 5 jsou označeny dávkovací válce, které dopravují zápalné látky do směšovací komory, která je označena číslem 6 a ve které se vytvoří zápalná směs z obou látek. Číslem 7 je označena zapalovací svíčka, která danou směs zapálí a dojde k oxidaci. Celý stroj pro termické odjehlování je uzavřen v protihlukové komoře. Po každém výbuchu v odjehlovací komoře dojde k odsátí zbylých látek po výbuchu z odjehlovací komory [3].



Obr. 2.2 Schéma stroje pro termické odjehlování [2].

2.3 Změny obrobku

Na obrobku před procesem termického odjehlování a na obrobku, který již prošel procesem termického odjehlování, lze pozorovat změnu jeho barvy vlivem zbytkových oxidů na povrchu obrobku. Barva obrobku se mění dle materiálu obrobku. Změny barvy u některých materiálů jsou znázorněny v tabulce 2.1 [3].

Tabulka 2.1 Změna barvy obrobku před a po termickém odjehlování.

Materiál obrobku	Barva obrobku před termickým odjehlováním	Barva obrobku po termickém odjehlování
Hliník	Šedá	Tmavě šedá
Nerez	Lesklá stříbrná	Černá
Ocel	Tmavě šedá	Černá
Litina	Světle šedá	Černá
Mosaz	Bronzová	Tmavší bronzová

Po procesu termického odjehlování nedochází v materiálu k žádným změnám a nedochází ani ke změnám rozměrů obrobku, protože za dobu 20 ms se obrobek zahřeje na teplotu 80°C až 150°C podle nastavení stroje a materiálu obrobku. Zároveň nedochází k poškození závitu, protože závit není hrot, ale základní materiál, kde se teplo vzniklé v procesu termického odjehlování pohltí. Další výhodou termického odjehlování je zpevnění hran obrobku, které jsou po proběhnutí procesu ostré, ale nejsou řezné [3,5].

2.4 Vhodnost použití

Co se materiálu obrobku týká, tak pro proces termického odjehlování jsou vhodné ty materiály, které jsou schopné oxidace. Tedy oceli všech tříd, včetně nerezových, dále pak hliník a jeho slitiny, zinek a jeho slitiny, všechny litiny a mosazi. Naopak nevhodný materiál pro proces termického odjehlování je měď, protože je výborný vodič tepla [3,7].

Co se týká tvaru obrobku, zde není žádné omezení. Naopak čím je obrobek složitější, tím je termické odjehlování efektivnější [3,7].

Co se týká velikosti obrobku, omezení je pouze ve velikosti odjehlovací komory. Ta je standardně 340 mm vysoká a má průměr 250 mm. Vyrábějí se však i větší nestandardní odjehlovací komory pro odjehlování větších obrobků [3,4].

2.5 Upnutí obrobku

Obrobek je upnutý v přípravku, nebo v koši pro termické odjehlování. Upnutí v přípravku je vhodné použít při termickém odjehlování menšího množství obrobků najednou, například pro upnutí pěti těles dieselového čerpadla CP3. Přípravek pro termické odjehlování je ve stroji upnut na těsnícím talíři a je zobrazen na obr. 2.3. Upnutí v koši pro termické odjehlování je vhodné použít pro odjehlování většího množství obrobků najednou, například pro odjehlování drobných zámečků do automobilů, kterých se do tohoto koše vejde 400. Koš pro termické odjehlování je ve stroji upnut na těsnícím talíři a je zobrazen na obr. 2.4 [2,3].



Obr. 2.3 Přípravek pro termické odjehlování naplněný obrobky [2].



Obr. 2.4 Koš pro termické odjehlování [3].

2.6 Čistota a konzervace

Obrobek je nutné po procesu termického odjehlování vyčistit od oxidů, následně je nutné obrobek pasivovat, nebo konzervovat a poté sušit. Tyto činnosti odpadají v případě, že je obrobek dále tepelně, nebo povrchově upravován. Jestliže jsou obrobky po termickém odjehlování uloženy do skladu, tak musí být konzervovány, protože jsou po výbuchu termického odjehlování dokonale odmaštěné, a tedy náchylné na povrchovou korozi [3].

2.7 Použití v průmyslu a produktivita procesu

Termické odjehlování se používá v průmyslu hydraulickém a pneumatickém, například u výroby čerpadel. Předepisuje se na výkrese z toho důvodu, aby bylo zaručeno, že v dílu nezůstane žádná nežádoucí částice, která by mohla poškodit díl nebo systém. Dále se pak používá v automobilovém průmyslu, například při výrobě brzdových válců, kde je nutné tento proces použít. Tento proces je vhodné použít také při výrobě dveřních zámků nebo spínacích skříněk z hlediska produktivity a snížení výrobních nákladů. V neposlední řadě nalezneme tento proces termického odjehlování také v leteckém a kosmickém průmyslu [3,7].

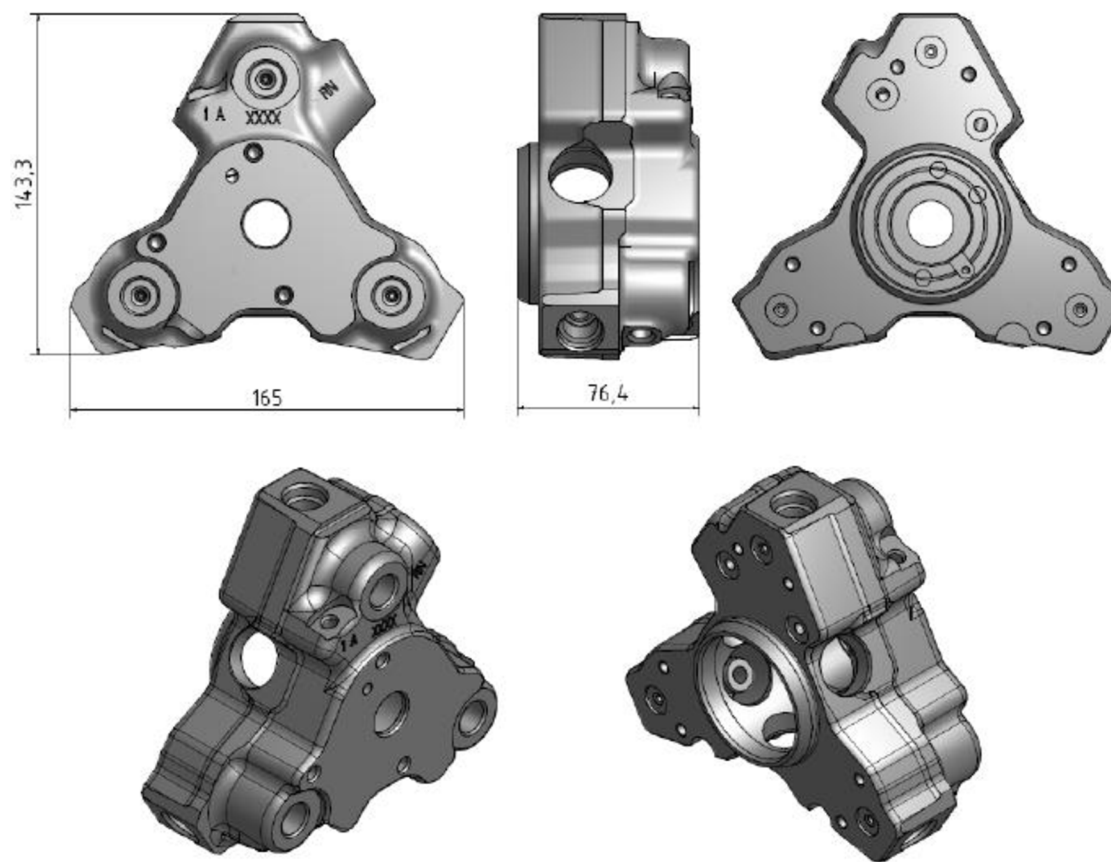
Tímto procesem lze dosáhnout velmi vysoké produktivity, když zhruba za minutu, což je takt stroje, je odjehleno tolik obrobků, kolik jich je do přípravku pro termické odjehlování, nebo koše pro termické odjehlování vloženo. Může to být například jeden složitější obrobek, nebo desítky malých obrobků. Čím je obrobek složitější, tím roste účinnost termického odjehlování, protože zápalná směs se dostane do všech míst obrobku a spálí všechny ořepy i v místech, do kterých se nelze dostat žádnou jinou odjehlovací metodou [3,7].

3 TĚLESO CP3

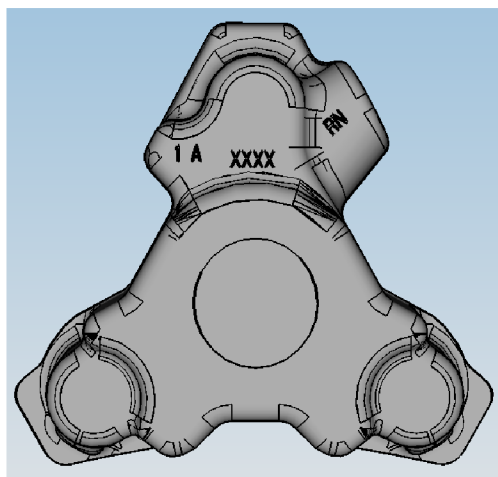
V následující kapitole je věnován prostor seznámení s tělesem dieselového čerpadla CP3, a to jak popisu jeho hlavních částí, tak stručného popisu jeho obrábění.

3.1 Popis tělesa CP3

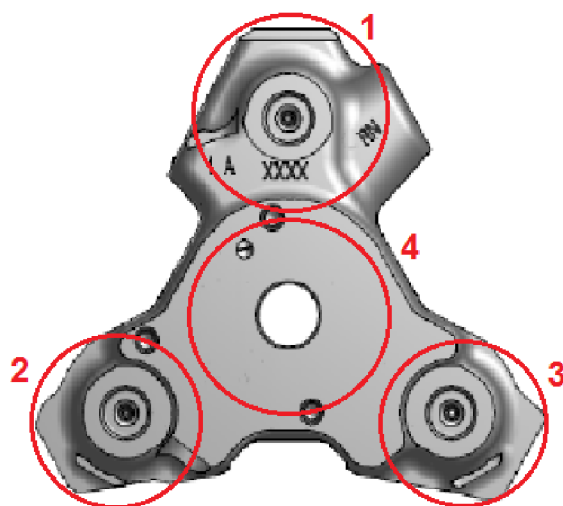
Těleso (viz obr. 3.1) je hlavní částí čerpadla CP3, na které jsou namontované ostatní díly, které vytváří vysoký tlak kapaliny. Na obr. 3.1 je znázorněno těleso rodiny 3. Vyrábí se však rozměrově menší tělesa i rozměrově větší tělesa. Těleso je obráběno z výkovku, který je z legovaného materiálu 20MnCrS5 (ČSN 14 - 221). Výkovek je znázorněn na obr. 3.2.



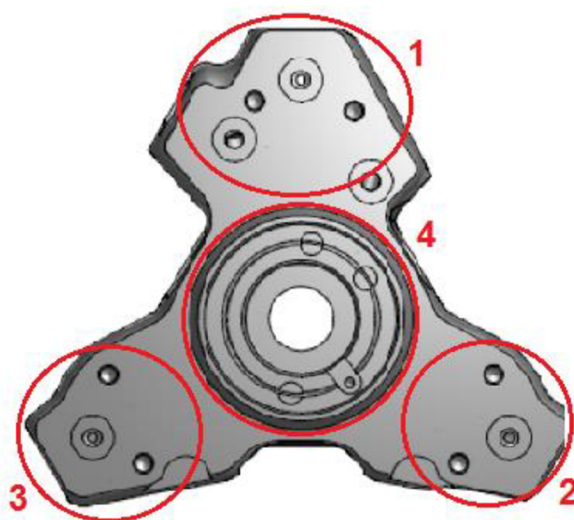
Obr. 3.1 Těleso čerpadla z rodiny 3 [2].



Obr. 3.2 Výkovek tělesa dieslového čerpadla CP3 [2].



Obr. 3.3 Pohled na stranu zubového čerpadla [2].



Obr. 3.4 Pohled na stranu příruby [2].

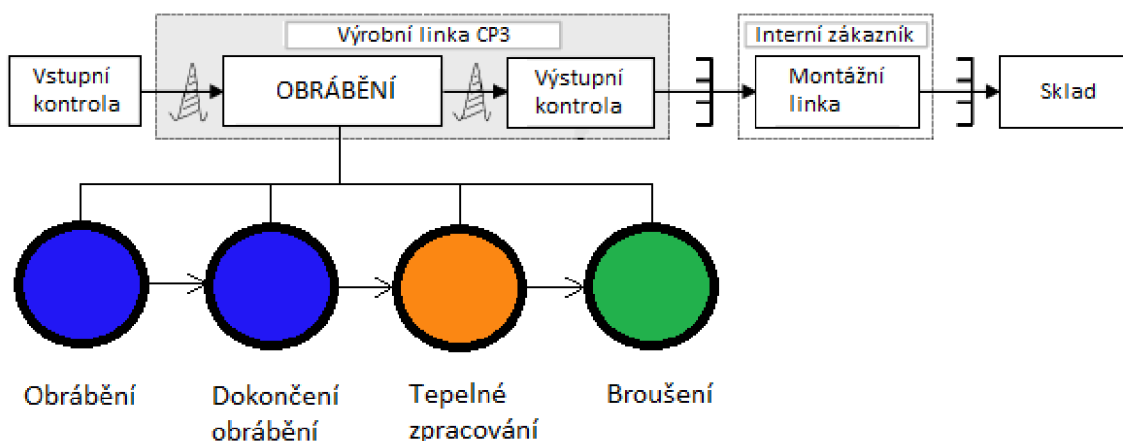
Těleso dieslového čerpadla CP3 je trojcípého tvaru. Vrchní část cípu se nazývá hlava. Těleso má tedy tři hlavy. Hlava 1 je znázorněna na obr. 3.3 a na obr. 3.4 číslem 1, hlava 2

je označena číslem 2 a hlava 3 je označena číslem 3. Mezi těmito hlavami jsou provrtané vysokotlaké kanály, ve kterých se nachází při provozu kapalina o tlaku až 1800 barů. Stejný tlak se nachází také v jednotlivých hlavách. Tyto části tedy tvoří vysokotlaký prostor. V ose tělesa se dále nachází vačkový prostor, který je označen číslem 4 (viz obr. 3.3 a 3.4) a který je připraven na montáž pohonného systému čerpadla CP3. Každé těleso má dvě strany. Stranu zubového čerpadla (viz obr. 3.3), na které je po smontování čerpadla namontované zubové čerpadlo, a stranu příruby (viz obr. 3.4), na které je po smontování čerpadla namontovaná příruba.

3.2 Obrábění tělesa CP3

Obrábění tělesa CP3 se dělí do dvou fází, a to na obrábění před tepelným zpracováním a na obrábění po tepelném zpracování.

Tok tělesa CP3 výrobou je znázorněn na obr. 3.5. Modrou barvou je znázorněno obrábění před tepelným zpracováním, oranžovou barvou je znázorněno tepelné zpracování a zelenou barvou je znázorněno obrábění po tepelném zpracování, tzn. broušení funkčních ploch tělesa.



Obr. 3.5 Tok výroby tělesa CP3.

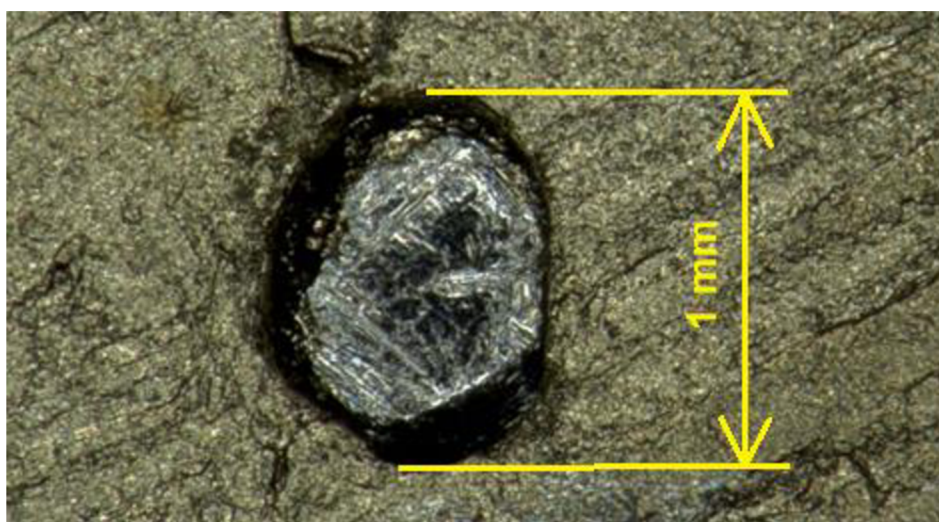
Vstupem do výroby je výkovek, který je před obráběním zkontrolován. Výkovek je obráběn na požadovaný tvar a jako řezná kapalina je používán olej. Dokončení obrábění se skládá z praní po obrábění, ručního odjehlování, termického odjehlování, odjehlování pastou, automatického ofuku a praní před tepelným zpracováním. Na operaci praní po obrábění jsou vyprány nečistoty a olej z tělesa CP3. Poté těleso směřuje na operaci ručního odjehlování, kde obsluha odjehlí těleso od volných a přichycených třísek a zachytí těleso s viditelnou odchylkou po obrábění, například těleso s mechanickým poškozením. Na operaci termického odjehlování dochází ke shoření otřepů a třísek, které nelze ručně odstranit. Na operaci odjehlování pastou dochází k vytvoření rádiusů u vysokotlakých kanálů, následně těleso pokračují na operaci automatického ofuku, kde dochází k vyfoukání abrazivní pasty z tělesa CP3. Na operaci praní před tepelným zpracováním dochází k vyprání zbylé abrazivní pasty a k odstranění nečistot z tělesa CP3 před tepelným zpracováním. Poté následuje tepelné zpracování. Po tepelném zpracování tělesa CP3 putují na operaci broušení těsnících ploch, honování otvorů pro písty a k broušení sedel pro těsnící kuličku. Následně je těleso vypráno ve vysokotlaké pračce a je otestována těsnost sedla. Poté je těleso CP3 zkontrolováno výstupní kontrolou. Když splňuje všechny požadavky, je připraveno k montáži.

4 NATAVENÁ TŘÍSKA A JEJÍ VZNIK

Tato část bakalářské práce pojednává o tom, co je to natavená tříška, jak vypadá a jak a v kterých částech procesu vzniká.

4.1 Natavená tříška

Natavená tříška je různě velký kousek oceli, který vznikl při operaci termického odjehlování a který se přitavil na některé místo tělesa. Tímto přitavením vznikl mezi tělesem a kouskem oceli mikrosvar. Většina natavených třísek nalezených na tělesech dieselového čerpadla CP3 jsou velikosti asi 0,5 mm, ale byly nalezeny také větší natavené třísky. Velká natavená tříška o \varnothing 1 mm je znázorněná na obr. 4.1, kde je také vidět rozdíl mezi tělesem a natavenou třískou. 3D pohled jiné, podobně velké natavené třísky, je znázorněn na obr. 4.2.



Obr. 4.1 Natavená tříška.

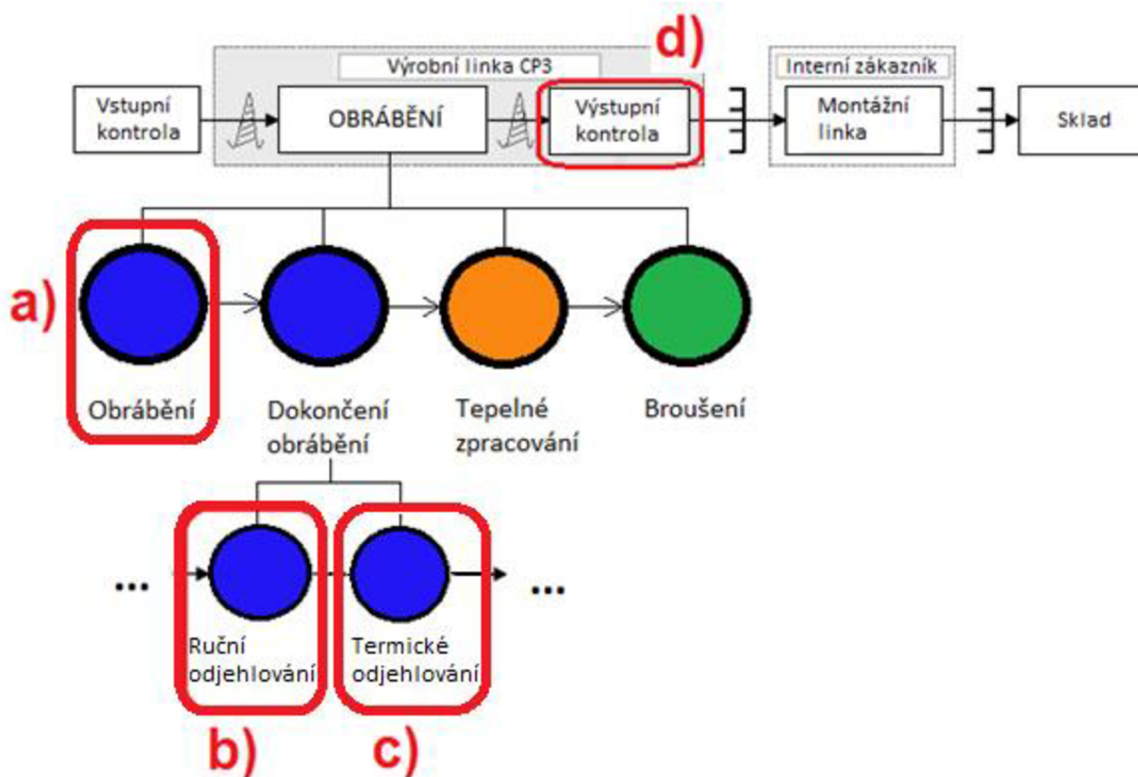


Obr. 4.2 Natavená tříška zobrazená ve 3D.

Natavené třísky, které jsou na tělese nalezeny, je nutné odstranit, protože mohou bránit správné funkci čerpadla CP3 nebo smontování čerpadla CP3.

4.2 Vznik natavených třísek

Samotný vznik natavené třísky lze rozdělit do čtyř částí (viz obr. 4.3).



Obr. 4.3 Krizové části výroby z hlediska natavených třísek.

a) Vznik třísek při obrábění

V OP10 až v OP60 se provádí samotné obrábění tělesa, při kterém dochází k vyhrnování otřepů a vzniku třísek tvaru pokličky vlivem opotřebení nástroje a dalších vlivů.

b) Odstranění třísek po obrábění

Na OP80, tedy na operaci ručního odjehlování, dochází k odstraňování volných nebo přichycených třísek z tělesa CP3. Toto však neplatí pro vysokotlaký prostor, do kterého nesmí být mechanicky zasahováno. Třísky v tomto prostoru lze pouze vyfoukat stlačeným vzduchem. Stlačený vzduch však neodstraní přichycené třísky.

c) Vznik natavených třísek

Na OP90, tedy na operaci termického odjehlování, dochází ke vzniku natavených třísek natavením kousku oceli nedokonalým spálením této třísky strojem termického odjehlování.

d) Odhalení natavených třísek

Odhalení natavených třísek dochází na OP210, tedy na operaci výstupní kontrola. Pokud obsluha výstupní kontroly najde těleso s natavenou třískou, tak dané těleso zařadí do regálu na opravy.

Dílčí závěr

Z předchozího vyplývá, že bylo nutné se zaměřit na čtyři fáze výroby, kterými jsou obrábění tělesa, ruční odjehlování, termické odjehlování a výstupní kontrola, která těleso s chybou na natavenou třísku vyhledá.

5 ANALÝZA NATAVENÝCH TŘÍSEK

Proběhla analýza počátečního stavu pomocí dat z výstupní kontroly. Data byla pozorována dle jednotlivých rodin a typů vyráběných na Flex lince, ale také podle ploch natavení natavených třísek. Tato data byla pozorována v období od června 2013 do června 2014. Dále jsme se zaměřili na stav tělesa, které dodáváme na operaci termického odjehlování. V další fázi testování jsme se zaměřili na proces termického odjehlování a funkčnost jeho odjehlování. Po zjištění potřebných podkladů jsme navrhli opatření, která byla následně otestována.

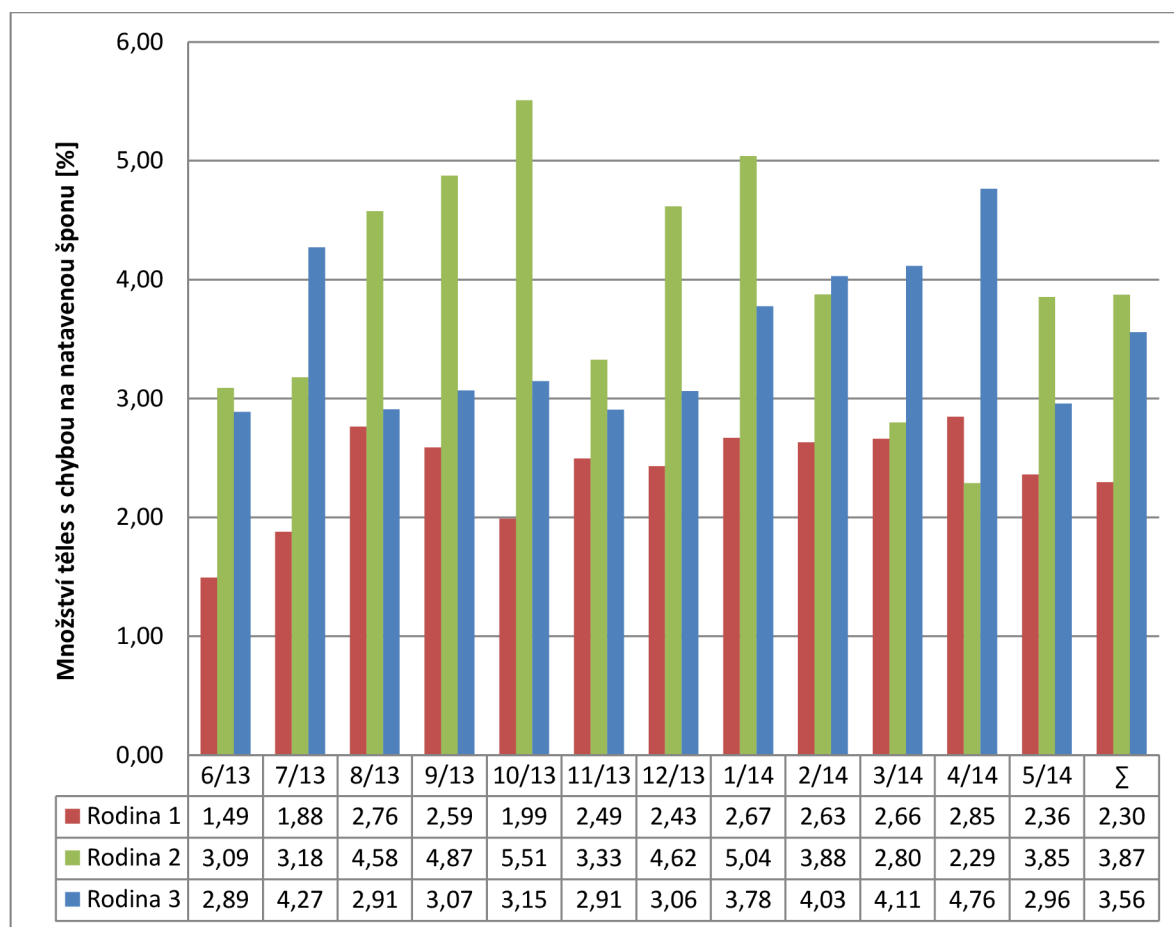
5.1 Analýza současného stavu

Na Flex lince se vyrábí velké množství rodin, které se dále dělí na typy. Proto je nutné problém zjednodušit výběrem krizové rodiny, krizového typu a krizových ploch.

5.1.1 Výběr krizové rodiny

Protože se na Flex lince vyrábí více rodin tělesa CP3, bylo nutné vybrat, která rodina je z hlediska množství natavených třísek krizová. Na tuto rodinu se bylo nutné zaměřit detailněji. Kritéria výběru krizové rodiny jsou množství těles s chybou na natavenou třísku jako procentuální vyjádření z celkového počtu odvedených těles (viz obr. 5.1) a množství těles s chybou na natavenou třísku (viz tabulka 5.1).

- Kritérium 1** - Množství těles s chybou na natavenou třísku jako procentuální vyjádření z celkového počtu odvedených těles.



Obr. 5.1 Interní výpadky na natavenou třísku dle rodin.

2. Kritérium 2 - Množství těles s chybou na natavenou třísku.

Tabulka 5.1 ukazuje množství těles s chybou na natavenou třísku, množství těles vyrobených celkem a množství těles s chybou na natavenou třísku jako procentuální vyjádření z celkového počtu vyrobených těles pro jednotlivé rodiny.

Tabulka 5.1 Množství těles s chybou na natavenou třísku dle rodin.

Množství těles s chybou na natavenou třísku			
Rodina	Množství těles s natavenou třískou	Množství těles vyrobených celkem	Množství chyb v %
Rodina 1	5265	229281	2,30
Rodina 2	5216	134674	3,87
Rodina 3	11332	318519	3,56

Dle kritéria 1 je nejvíce krizová rodina 2, která má za sledované období o 0,31% vyšší výpadky na natavenou třísku než rodina 3. Podle kritéria 2 je ale více krizová rodina 3, u které je množství těles s chybou na natavenou třísku více než dvojnásobně vyšší než u rodiny 2. Po posouzení těchto kritérií byla označena za krizovou rodinu rodina 3 z důvodu výrazně většího počtu těles s chybou na natavenou třísku.

5.1.2 Výběr krizového typu

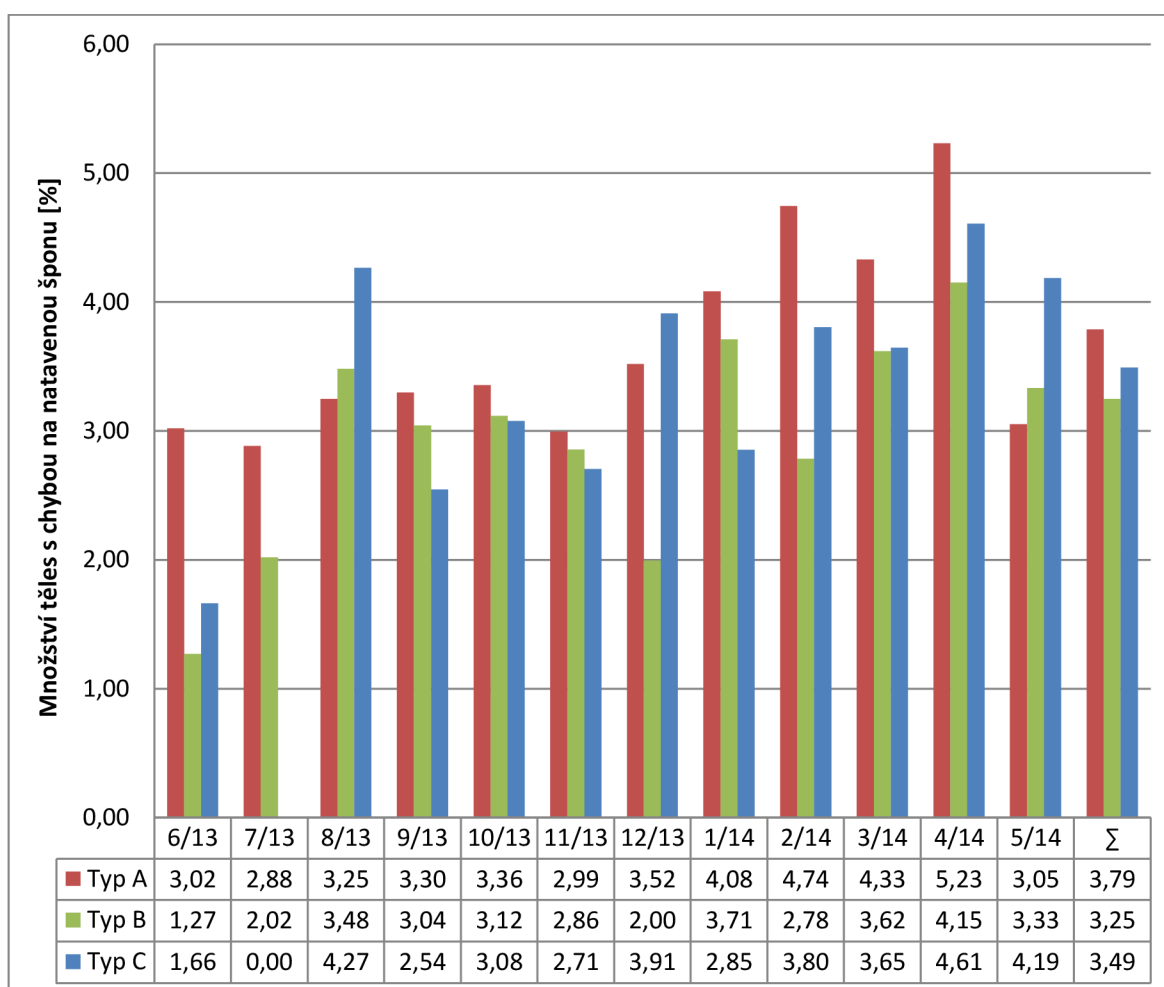
Protože každá rodina těles CP3 má více typů, bylo nutné vybrat, který typ je krizový z hlediska množství natavených třisek. Na tento typ je potom nutné se detailněji zaměřit. Kritéria výběru krizového typu jsou množství těles s chybou na natavenou třísku jako procentuální vyjádření z celkového počtu odvedených těles a množství těles s chybou na natavenou třísku.

Pro další analýzu bylo nutné omezit se na určitý počet typů. Pro další analýzu vybrány 3 typy:

- TYP A,
- TYP B,
- TYP C.

Výběr typů byl posuzován podle množství vyrobených těles daného typu.

1. Kritérium 1 - Množství těles s chybou na natavenou třísku jako procentuální vyjádření z celkového počtu odvedených těles.



Obr. 5.2 Interní výpadky na natavenou třísku podle typu rodiny 3.

2. Kritérium 2 - Množství těles s chybou na natavenou třísku.

Tabulka 5.2 ukazuje množství těles s chybou na natavenou třísku, množství těles vyrobených celkem a množství těles s chybou na natavenou třísku jako procentuální vyjádření z celkového počtu odvedených těles pro jednotlivé typy rodiny 3.

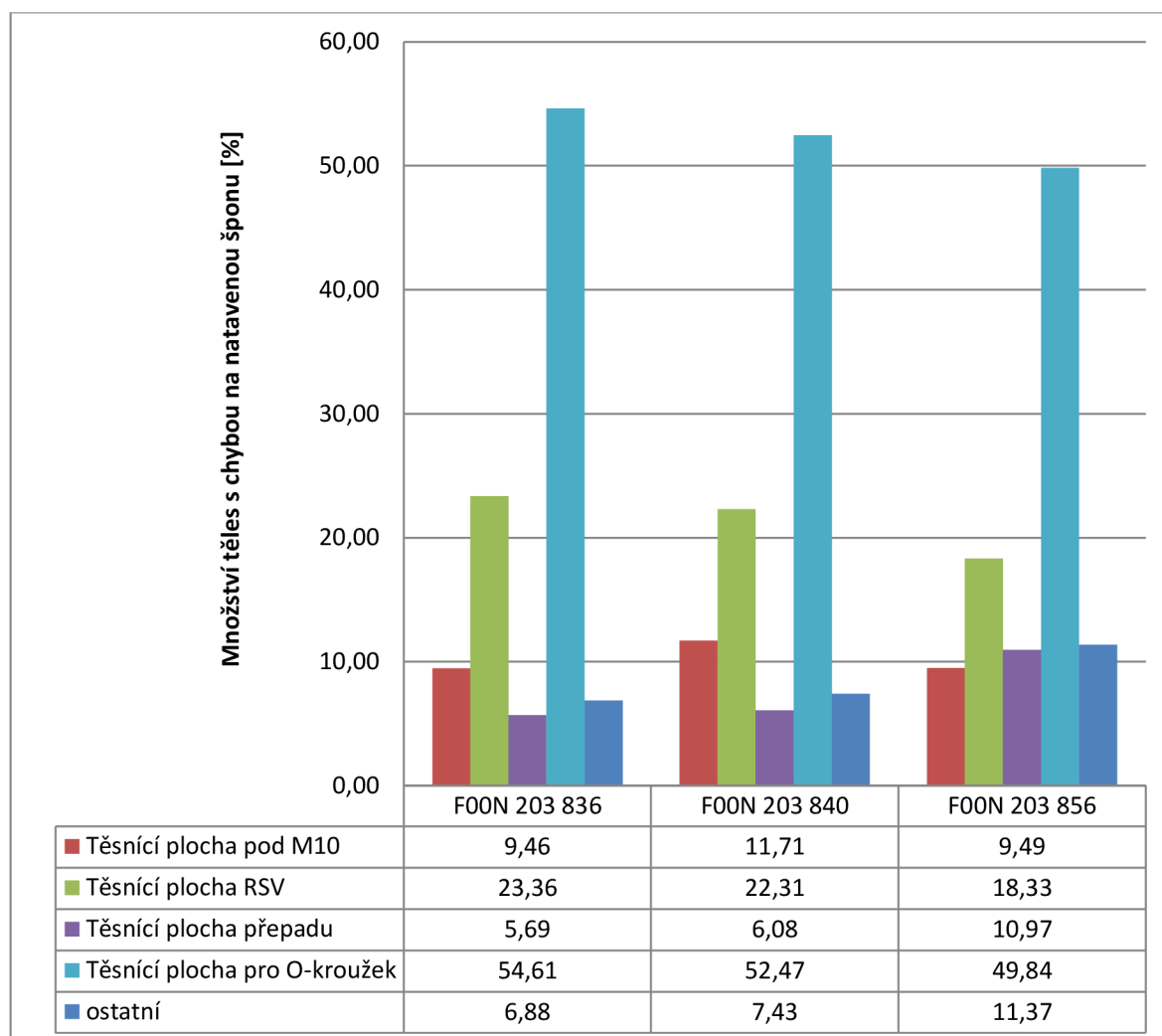
Tabulka 5.2 Množství těles s chybou na natavenou třísku dle typů rodiny 3.

Rodina 3			
Typ	Množství ks s natavenou třískou	Množství ks vyrobených celkem	Množství chyb v %
Typ A	7033	185721	3,79
Typ B	3057	94145	3,25
Typ C	1222	35011	3,49

Dle kritéria 1 je nejvíce krizový typ A, který má za sledované období o 0,3% vyšší výpadky na natavenou třísku než typ C, který je ale podle kritéria 2 nejméně krizový z důvodu malého počtu vyrobených kusů. Typ B má podle kritéria 1 za sledované období o 0,54% nižší výpadky na natavenou třísku než typ A, přestože jejich obrábění je téměř srovnatelné. Po posouzení těchto kritérií byl jako krizový zvolen typ A, který má nejvyšší výpadky na natavenou třísku jak procentuálně, tak také počtem těles.

5.1.3 Výběr krizové plochy výskytu natavených třísek

Pro získání ještě větších znalostí o natavených třískách bylo nutné zjistit, které funkční plochy tělesa dieselového čerpadla CP3 jsou nejvíce zasaženy. Tato analýza byla provedena na krizové rodině 3 pomocí dat z výstupní kontroly za období červen 2013 až červen 2014. Obrázek 5.3 ukazuje procentuální rozložení chyb na natavenou třísku na jednotlivých plochách tělesa z celkového počtu těles s chybou na natavenou třísku přes jednotlivé typy rodiny 3.

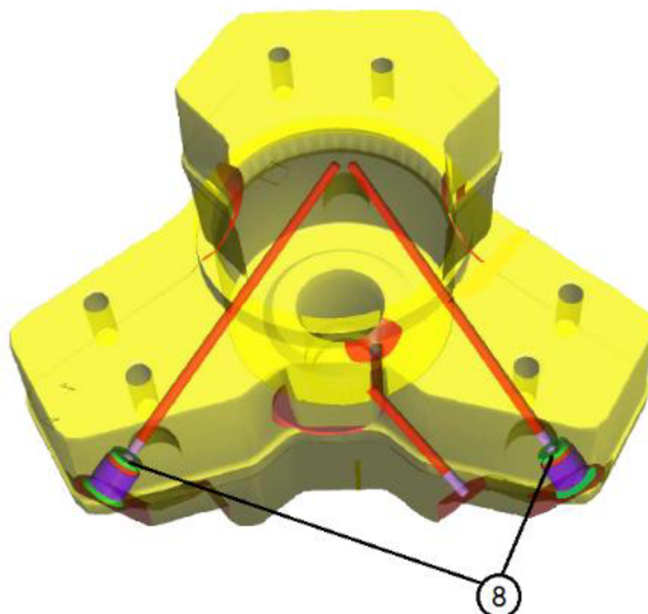


Obr. 5.3 Procentuální rozložení chyb na natavenou třísku na jednotlivých plochách tělesa.

Pro další analýzu je zapotřebí ukázat, kde se nacházejí plochy natavení na tělese dieselového čerpadla CP3.

a) Těsnící plocha pod M10 (viz obr. 5.4)

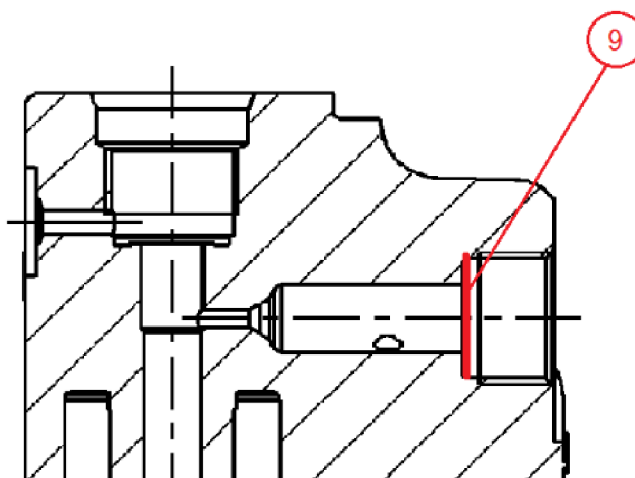
- číslo označení plochy v katalogu hraničících vzorků je 8,
- na této ploše vyřazeno v průměru 10% těles s chybou na natavenou třísku z celkového počtu kusů s natavenou třískou.



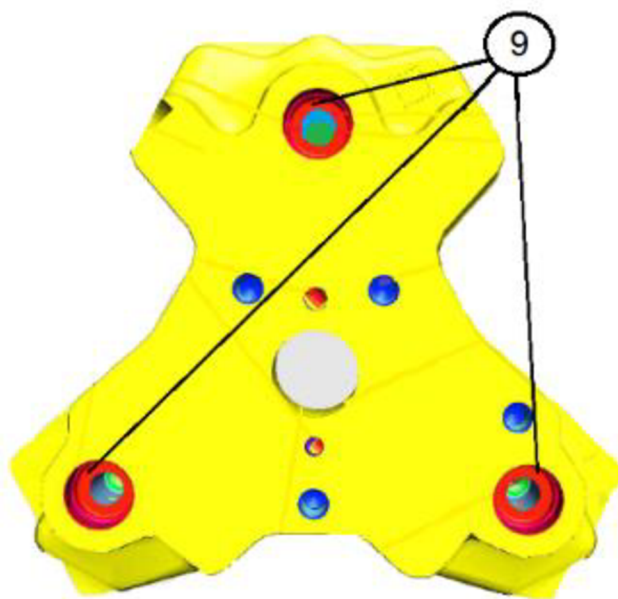
Obr. 5.4 Těsnící plocha pod M10.

b) Těsnící plocha RSV (viz obr. 5.5 a obr. 5.6)

- číslo označení v katalogu hraničících vzorků je 9,
- na této ploše vyřazeno v průměru 22,5% těles s chybou na natavenou třísku z celkového počtu kusů s natavenou třískou.



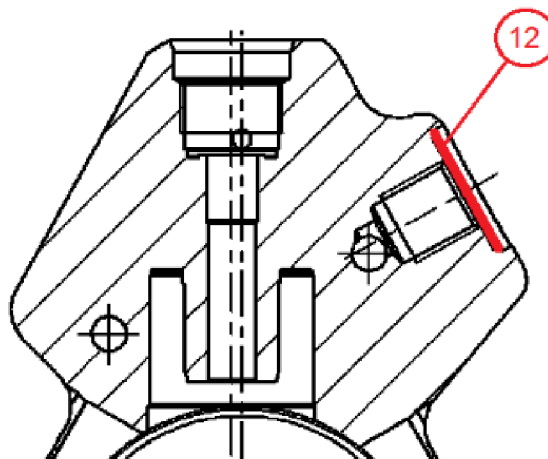
Obr 5.5 Těsnící plocha RSV v řezu.



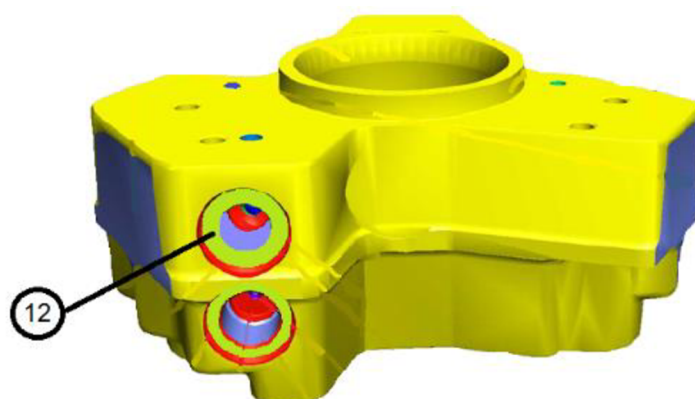
Obr. 5.6 Těsnicí plocha RSV.

c) Těsnicí plocha přepadu (viz obr. 5.7 a obr. 5.8)

- číslo označení v katalogu hraničících vzorků je 12,
- na této ploše vyřazeno v průměru 6,5% těles s chybou na natavenou třísku z celkového počtu kusů s natavenou třískou.



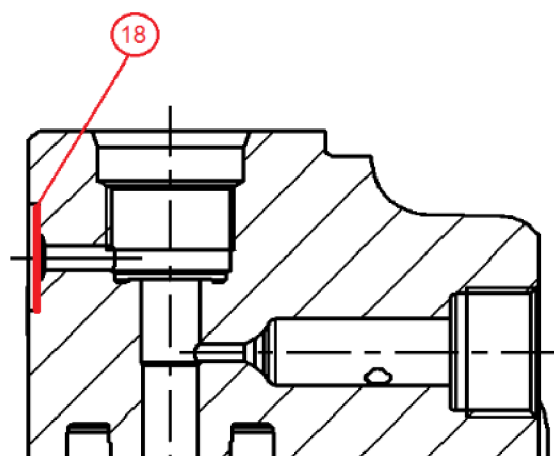
Obr. 5.7 Těsnicí plocha přepadu v řezu.



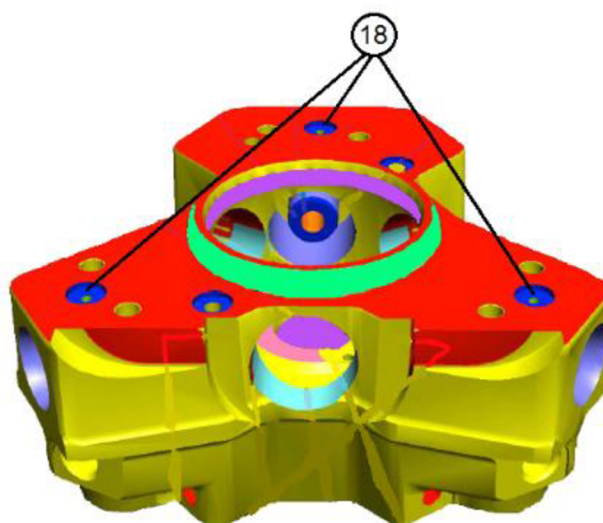
Obr. 5.8 Těsnící plocha přepadu

d) Těsnící plocha pro O-kroužek (viz obr. 5.9 a obr. 5.10)

- číslo označení plochy podle katalogu hraničících vzorků je 18,
- na této ploše vyřazeno v průměru 53,5% těles s chybou na natavenou třísku z celkového počtu kusů s natavenou třískou.



Obr. 5.9 Těsnící plocha pro O-kroužek v řezu.



Obr. 5.10 Těsnící plocha pro O-kroužek.

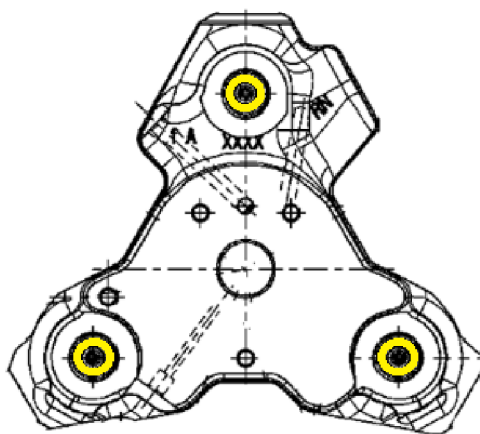
Jako krizové byly označeny plochy 9 a 18, protože na těchto plochách se nachází nejvíce natavených třísek. Na ploše 18 neboli na těsnicí ploše pro O-kroužek je to dokonce více než 50% z celkového množství výpadků na natavenou třísku. Na ploše 9 neboli na těsnicí ploše RSV je to více než 20% z celkového množství výpadků na natavenou třísku. Na tyto dvě těsnicí plochy se zaměříme detailněji v další analýze.

Dále bylo nutné zjistit, jak jsou natavené třísky po dané ploše rozmístěny. Je zapotřebí zjistit, jestli se koncentrují na daném místě těsnicí plochy, nebo jestli jsou rovnoměrně rozprostřeny po celé těsnicí ploše.

5.1.4 Koncentrační diagramy natavených třísek

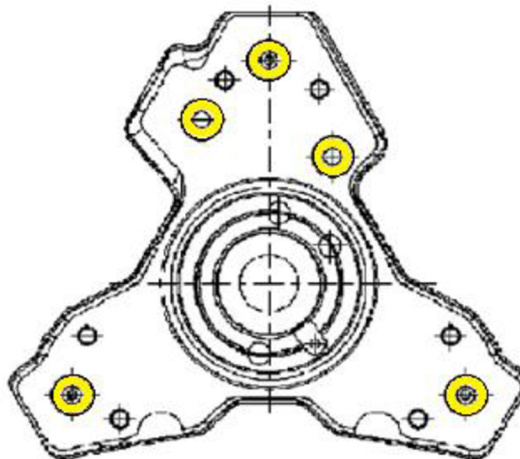
Na operaci výstupní kontroly byly zavedeny koncentrační diagramy natavených třísek v podobě mapky tělesa (viz obr. 5.11 a obr. 5.12), do které obsluha výstupní kontroly zapisovala přesný výskyt natavených třísek na těsnicích plochách 9 a 18. Každý výskyt obsluha označila červenou tečkou. Tento test byl proveden na typu A.

Na straně zubového čerpadla se nachází tři těsnicí plochy RSV, které jsou na obr. 5.11 zaznačeny žlutě. Těsnicí plochy RSV jsou rozmístěny na každé hlavě po jedné.



Obr. 5.11 Nevyplněný koncentrační diagram natavených třísek – strana zubového čerpadla.

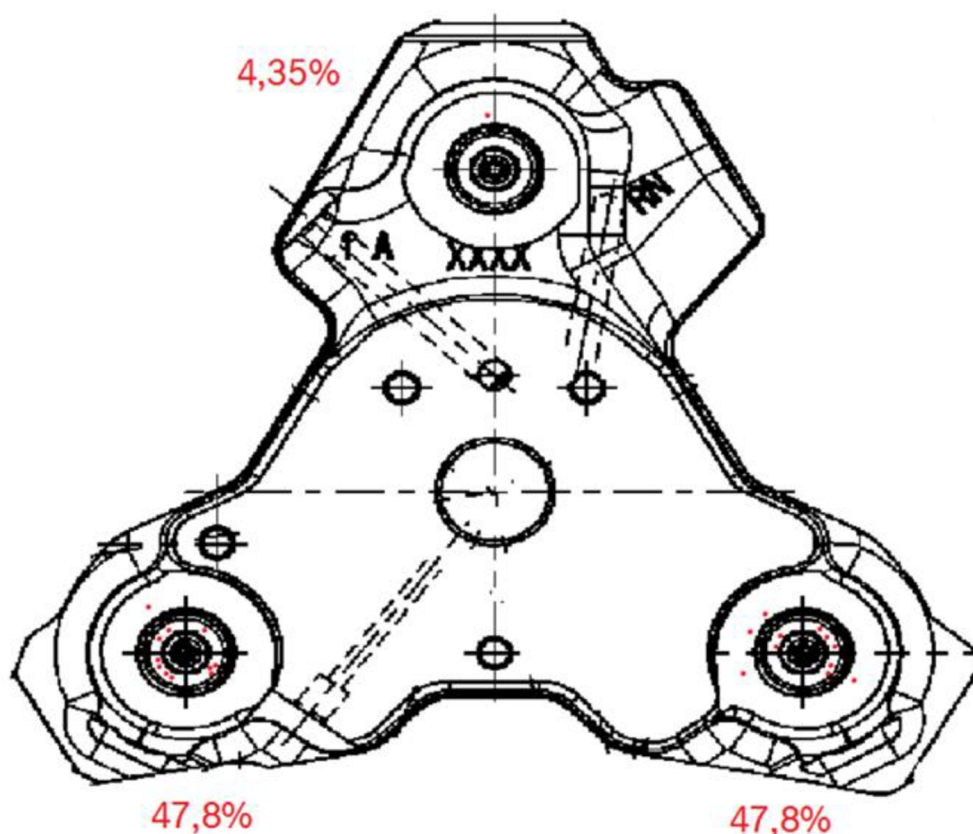
Na straně příruby se nachází pět těsnicích ploch pro O-kroužek, které jsou na obr. 5.12 zaznačeny žlutě. Na hlavě 1 se nachází tři těsnicí plochy pro O-kroužek a na hlavách 2 a 3 se nachází po jedné těsnicí ploše pro O-kroužek.



Obr. 4.12 Nevyplněný koncentrační diagram natavených třísek – strana příruby.

Tato analýza byla provedena na 3103 tělesech typu A.

Na straně zubového čerpadla se většina natavených třísek nacházela na hlavě 2 a na hlavě 3. Celkem to bylo více než 95% z celkového množství natavených třísek nalezených na straně zubového čerpadla. Na hlavě 1 se nacházelo necelých 5% natavených třísek z celkového množství natavených třísek nalezených na straně zubového čerpadla (viz obr. 5.13).



Obr. 5.13 Vyplněný koncentrační diagram natavených třísek – strana zubového čerpadla.

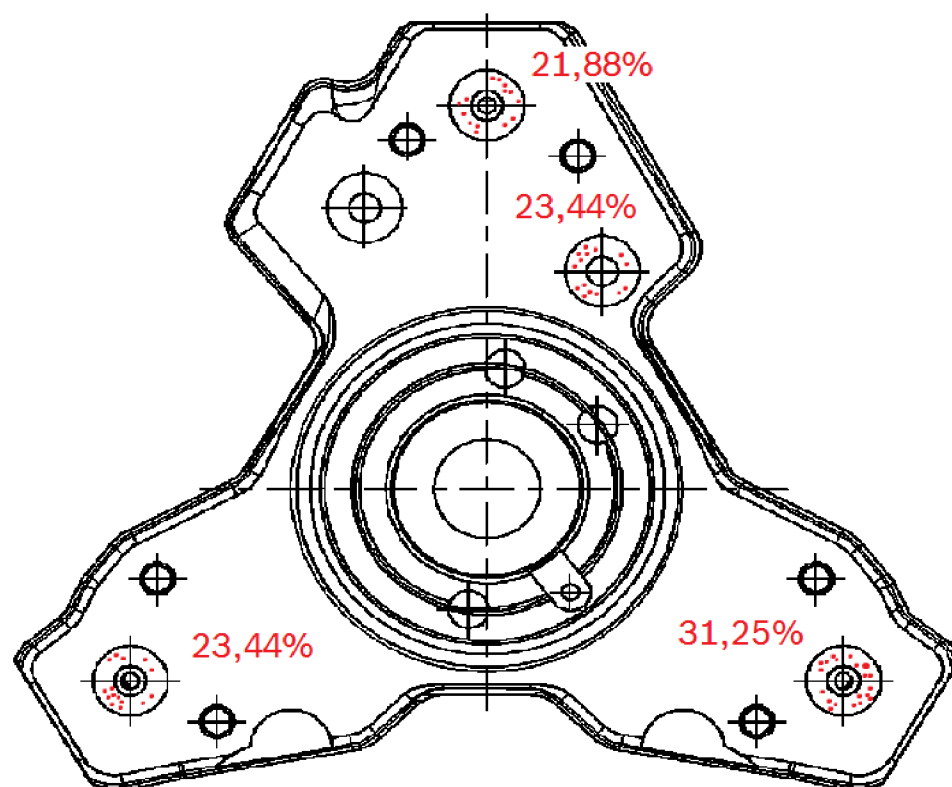
Tabulka 5.3 Souhrnná tabulka ke koncentračnímu diagramu natavených třísek na straně ZČ.

	Počet chyb	Množství chyb na natavenou třísku v % z těles s chybou	Množství chyb na natavenou třísku v % ze všech těles
Hlava 1	1	4,35	0,03
Hlava 2	11	47,83	0,35
Hlava 3	11	47,83	0,35
Celkem	23	100	0,73

Z tabulky 5.3 vyplývá, že celkové výpadky na těsníci ploše RSV byly po dobu testu 0,73%, což odpovídá dlouhodobému průměru pro chybu na této ploše. Z koncentračního

diagramu je viditelné, že natavené třísky na těsnící ploše RSV jsou rozmístěny náhodně (viz obr. 5.13).

Na straně příruby se nejvíce natavených třísek nacházelo na hlavě 1, kde se ale jejich výskyt rozložil na dvě těsnící plochy pro O-kroužek. Na hlavách 2 a 3 byly výpadky na natavenou třísku téměř srovnatelné. Na těsnící ploše pro O-kroužek u nízkotlakého kanálu na hlavě 1 došlo zřejmě k úniku informací o natavených třískách (viz obr. 5.14).



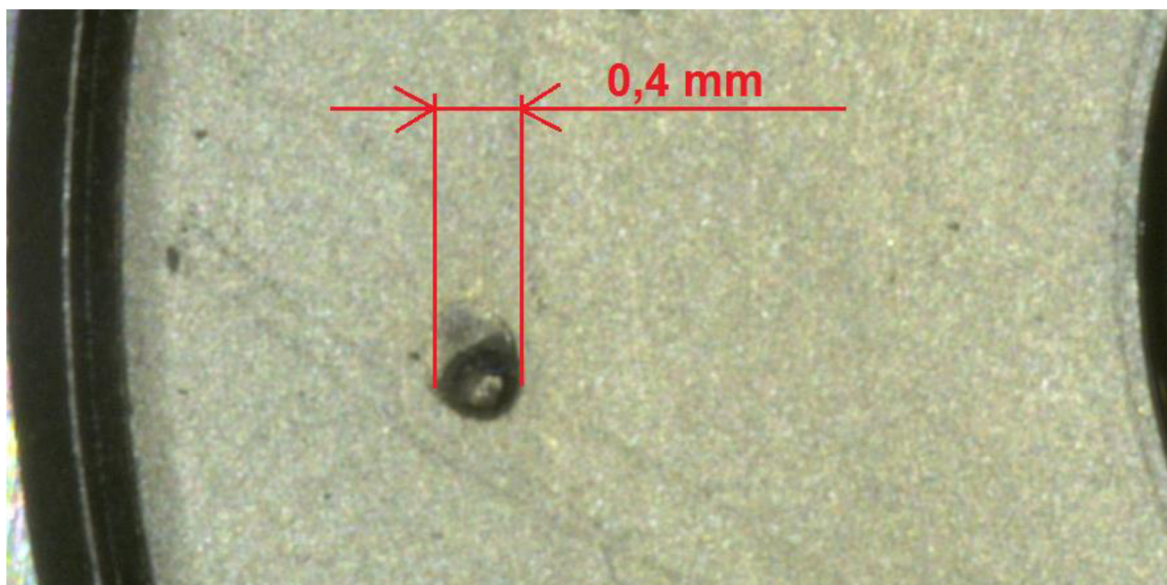
Obr. 5.14 Vyplněný koncentrační diagram natavených třísek – strana příruby.

Tabulka 5.4 Souhrnná tabulka ke koncentračnímu diagramu natavených třísek na straně příruby.

	Počet chyb	Množství chyb na natavenou třísku v % z těles s chybou	Množství chyb na natavenou třísku v % ze všech těles
Hlava 1	29	45,31	0,93
Hlava 2	20	31,25	0,64
Hlava 3	15	23,44	0,48
Celkem	64	100	2,06

Z tabulky 5.4 vyplývá, že celkové výpadky na těsnící ploše pro O-kroužek byly po dobu testu 2,06%, což zhruba odpovídá dlouhodobému průměru pro chybu na této ploše. Z koncentračního diagramu je zřetelné, že natavené třísky na těsnící ploše pro O-kroužek jsou rozmístěny náhodně (viz obr. 5.14).

Na obr. 5.15 je znázorněna větší natavená tříška na těsnící ploše pro O-kroužek. Tato natavená tříška má průměr asi 0,4 mm. Většina natavených třísek nalezených na těsnících plochách 9 a 18 je však znatelně menších. 3D zobrazení natavené třísky na těsnící ploše pro O-kroužek je znázorněno na obr. 5.16.



Obr. 5.15 Natavená tříška na těsnící ploše pro O-kroužek.



Obr 5.16 3D zobrazení natavené třísky z obr. 5.15.

5.1.5 Analýza těles po obrábění

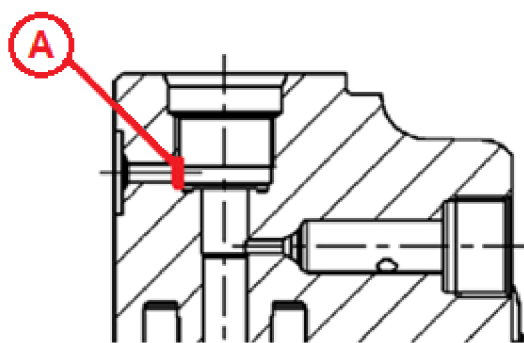
Pro snížení množství těles s chybou na natavenou třísku je nutné dodávat těleso čerpadla CP3 na operaci termického odjehlování v ideálním případě bez třísek, a to jak přichycených, tak i volných. Abychom se k tomuto stavu alespoň přiblížili, je nejprve nutné vědět, kde se tyto třísky nachází. Z tohoto důvodu bylo zanalyzováno těleso čerpadla CP3 po obrábění před tepelným zpracováním.

Analýza byla provedena na krizovém typu A. Těleso dieselového čerpadla CP3 bylo důkladně prohlédnuto vizuálně pomocí endoskopického zařízení. U přichycených třísek se zaznamenávala jejich poloha a tvar.

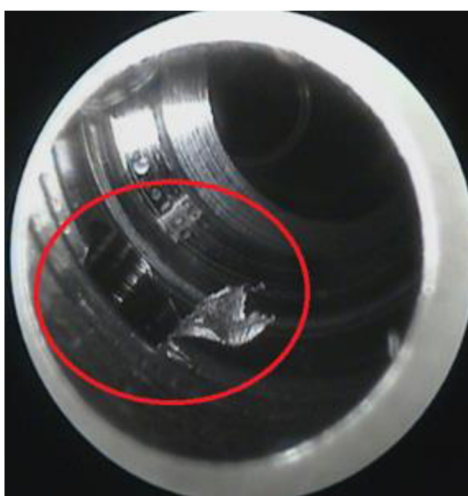
Přichycené třísky v tělese čerpadla CP3 byly nalezeny na následujících místech.

a) Průnik díry Ø 3 mm pod O-kroužkem se sacím ventilem (místo A)

V tomto průniku byla nalezena tříška tvaru pokličky, která je svojí menší částí přichycená k tělesu dieselového čerpadla CP3. Místo přichycení je znázorněno na obr. 5.17 a tvar třísky je znázorněn na obr. 5.18.



Obr. 5.17 Průnik díry Ø 3 mm pod O-kroužkem se sacím ventilem.

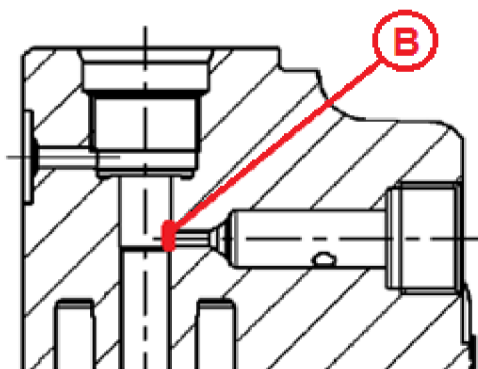


Obr. 5.18 Tvar přichycené třísky v místě A – tříska tvaru pokličky.

Tato tříska je z hlediska termického odjehlování nebezpečná, protože se může nejprve oddělit od tělesa a zbytek této roztavené třísky se může natavit na některou z funkčních ploch tělesa CP3. Navíc ji nelze odstranit na pracovišti ručního odjehlování, protože se nachází ve vysokotlakém prostoru. Ten zároveň nesmí být ručně odjehlován, aby nedošlo k jeho mechanickému poškození.

b) Průnik díry Ø 2 mm pod RSV s odlehčícím elementu (místo B)

V tomto průniku byla nalezena tříska tvaru pokličky, která je přichycená k tělesu čerpadla CP3 pouze malou částí. Místo přichycení je znázorněno na obr. 5.19 a tvar třísky je znázorněn na obr. 5.20.



Obr 5.19 Průnik díry Ø 2 mm pod RSV s odlehčícím elementu.

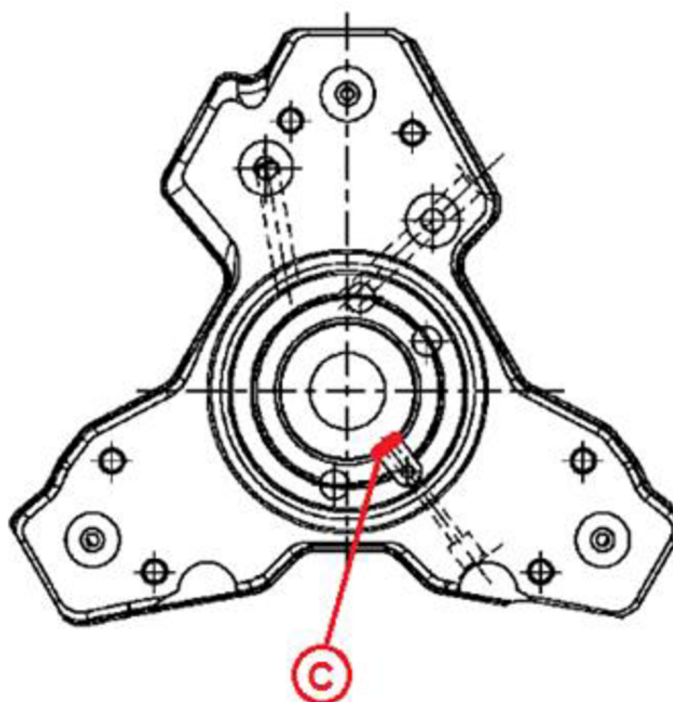


Obr. 5.20 Tvar přichycené třísky v místě B – tříska tvaru pokličky.

Tříska v tomto průniku je z hlediska termického odjehlování nebezpečná, protože se může nejprve oddělit od tělesa. Zbytek této roztavené třísky se může natavit na některou z funkčních ploch. Navíc ji nelze odstranit na pracovišti ručního odjehlování, protože se nachází ve vysokotlakém prostoru, který nesmí být ručně odjehlován, z důvodu možného vzniku mechanického poškození.

c) Zafrézování mazacího kanálku (místo C)

V tomto místě byla nalezena jehlovitá tříska, která vzniká při frézování plochy pro těsnící kroužek ve vačkovém prostoru. Místo přichycení jehlovité třísky k tělesu je znázorněno na obr. 5.21 a tvar třísky v tomto místě je znázorněn na obr. 5.22.



Obr. 5.21 Místo přichycení jehlovité třísky v zafrézování mazacího kanálku.

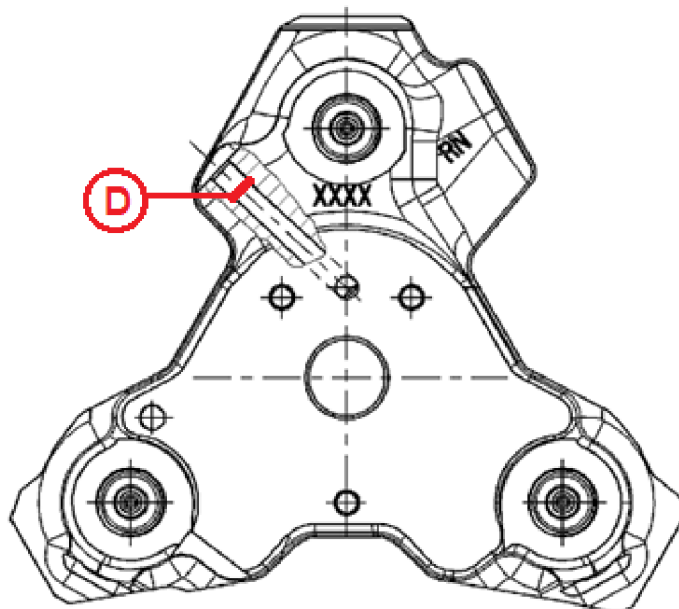


Obr. 5.22 Tvar jehlovité třísky v zafrézování mazacího kanálku.

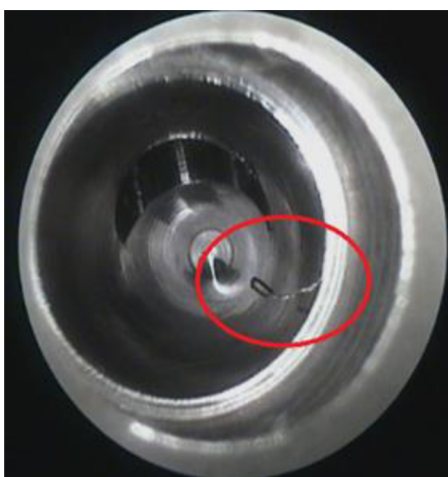
Tříska v tomto místě je z hlediska natavených třísek nebezpečná pouze v případě, že není odstraněna obsluhou výstupní kontroly. Ta má podle pracovního návodu odstranit všechny viditelné třísky z vačkového prostoru.

d) Mazací kanálek na hlavě 1 (místo D)

Jehlovitá tříska v tomto prostoru vzniká při osazování díry mazacího kanálku na hlavě 1. Místo přichycení jehlovité třísky k tělesu je znázorněno na obr. 5.23 a tvar jehlovité třísky v tomto místě je znázorněn na obr. 5.24.



Obr. 5.23 Místo přichycení jehlovité třísky v mazacím kanálku na hlavě 1.



Obr. 5.24 Tvar jehlovité třísky v mazacím kanálku na hlavě 1.

Jehlovitá tříška v tomto prostoru pro nás není nebezpečná v případě, že je odstraněna obsluhou ručního odjehlování dle pracovního návodu.

Z této analýzy vyplývá, že z hlediska natavených třísek jsou nejvíce nebezpečná dvě místa. Nachází se ve vysokotlakém prostoru, a proto nemůžou být odjehlována obsluhou výstupní kontroly. Jedná se o průnik díry $\text{Ø } 3 \text{ mm}$ pod O-kroužkem se sacím ventilem, tedy o místo A, a o průnik díry $\text{Ø } 2 \text{ mm}$ pod RSV s odlehčením elementu, tedy o místo B.

5.1.6 Množství přichycených třísek před ručním odjehlováním

Analýza byla zaměřena na množství přichycených třísek v nebezpečných průnicích, tedy v místě A a v místě B. Analyzováno bylo 240 těles typu A s následujícími výsledky (viz tab. 5.5).

Tabulka 5.5 Rozložení třísek tvaru poklička před operací ručního odjehlování v místech A a B.

MÍSTO	Množství těles se třískou tvaru pokličky	Množství těles se třískou tvaru pokličky v %
Průniku díry $\text{Ø } 3 \text{ mm}$ pod O-kroužkem se sacím ventilem (místo A)	47	19,58
Průniku díry $\text{Ø } 2 \text{ mm}$ pod RSV s odlehčením elementu (místo B)	71	29,58

Z této analýzy vyplývá, že strojní odjehlování pro tento typ je nedokonalé. Tyto dva nebezpečné průniky nelze odjehlovat na ručním odjehlování, protože se nacházejí ve vysokotlakém prostoru. Z toho důvodu se musíme zaměřit na strojní odjehlování těchto třísek.

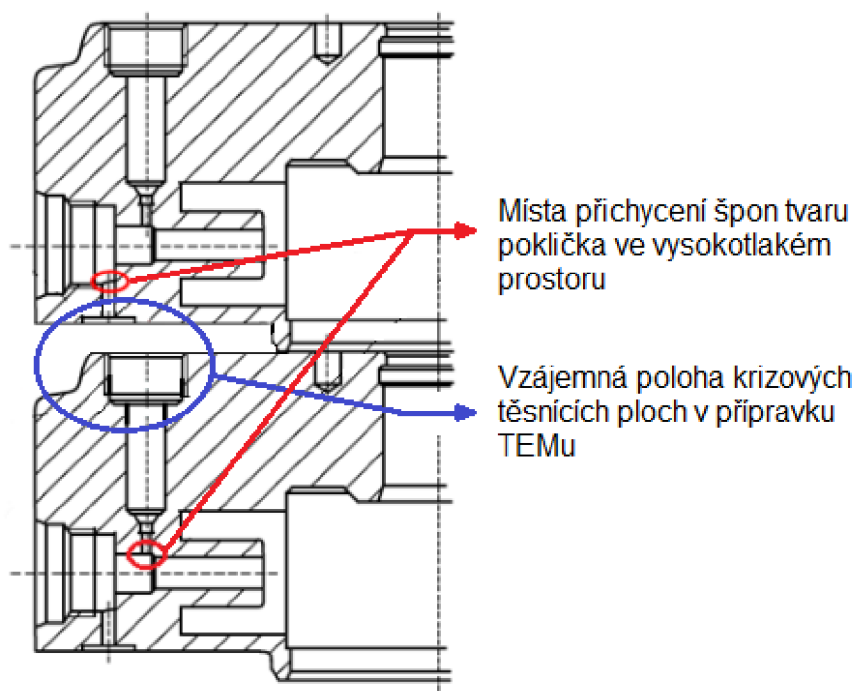
Dále je nutné zjistit, v jak velké míře jsou příčinou natavených třísek právě tato dvě nebezpečná místa. Z tohoto důvodu byl proveden test na operaci termického odjehlování.

5.2 Test procesu termického odjehlování

Vzhledem k nutnosti provedení testu procesu termického odjehlování bylo nutné zjistit, v jaké míře jsou iniciátorem natavených třísek třísky místo A a místo B.

5.2.1 Vzájemná poloha těles v přípravku TEMu v reálném procesu

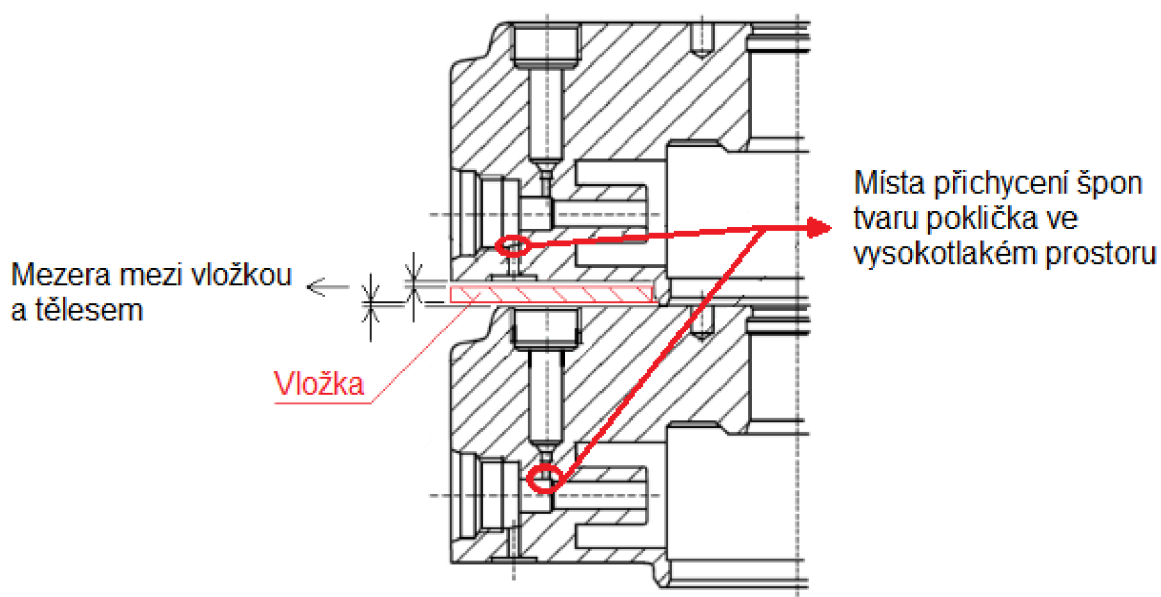
Ještě před započítím testu bylo nutné všimnout si, že těsnicí plocha pro O-kroužek a těsnicí plocha RSV leží v přípravku TEMu nad sebou (viz obr. 5.25). Z tohoto faktu vyplývá, že se sousední tělesa a jejich dvě krizové těsnicí plochy mohou částečně ovlivňovat.



Obr. 5.25 Vzájemná poloha těles v přípravku TEMu při reálném procesu.

5.2.2 Vzájemná poloha těles v přípravku TEMu v průběhu testu

Aby se tělesa nemohla během testu ovlivňovat, proces byl doplněn o vložku, která se vloží v přípravku TEMu vždy mezi sousední dvě tělesa. Vložka zabrání, aby natavená tříska letící ze spodního tělesa doletěla na horní těleso a naopak (viz obr. 5.26). Vložka, která se během testu nacházela mezi tělesy, byla vyrobena ze stejného materiálu, jako těleso dieselového čerpadla CP3. Styčné plochy byly obrobeny na drsnost, kterou mají těsnicí plochy tělesa, aby byl nasimulován reálný proces co možná nejpřesněji. Vložka má stejný půdorys jako těleso tak, aby bylo možné vložit ji do přípravku TEMu a tloušťka vložky byla zvolena tak, aby se vložka co nejméně zdeformovala a zároveň nebyly zaslepeny kanálky ani na straně zubového čerpadla, ani na straně příruby. Výhodou tohoto řešení je, že vložka nezvětšuje výšku těles v přípravku TEMu, a tudíž bylo možné použít stávající přípravky TEMu pro daný typ bez jakýchkoliv komplikací. Náčrt vložky je zobrazen v příloze 1.



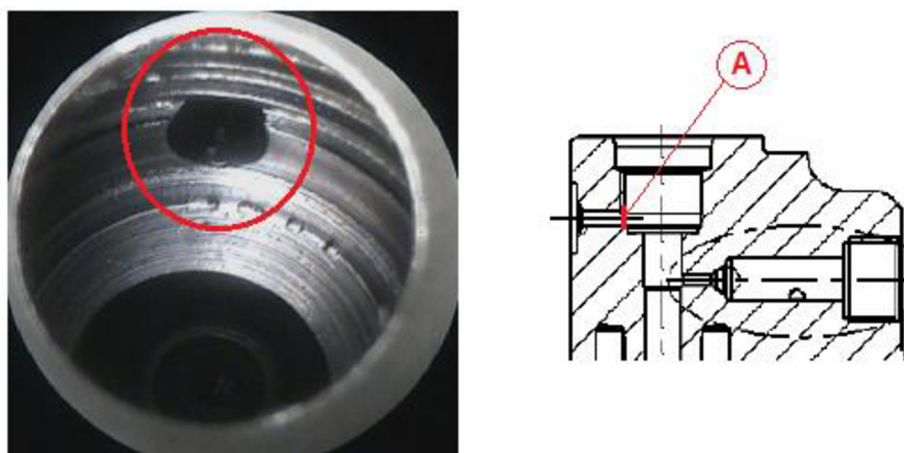
Obr. 5.26 Poloha těles v přípravku TEMu během testu.

5.2.3 Příprava testu

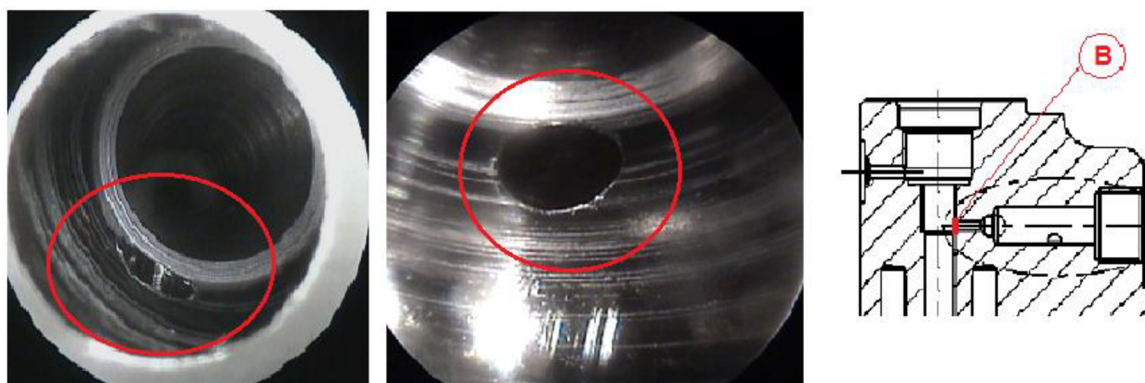
Pro získání maximálního množství informací z testu byl test proveden komplexně. Tělesa byla vytríděna do tří skupin podle místa přichycení třísky tvaru pokličky ve dvou nebezpečných místech, tedy v místě A i v místě B. Pro každou skupinu vytríděných těles byly připraveny čtyři vložky pro získání separovaných výsledků jednotlivých skupin.

1. Skupina 1

Do této skupiny byla vytríděna tělesa bez přichycených třísek tvaru pokličky a bez otřepů v místě A (viz obr. 5.27) a v místě B (viz obr. 5.28). Do skupiny 1 byla vytríděna reprezentativní dávka 200 těles dieselového čerpadla CP3 typu A.



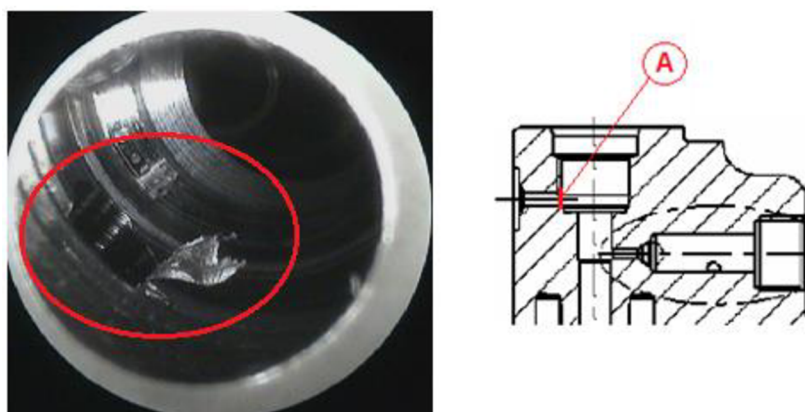
Obr. 5.27 Místo A bez třísky tvaru pokličky.



Obr. 5.28 Místo B bez třísky tvaru pokličky.

2. Skupina 2

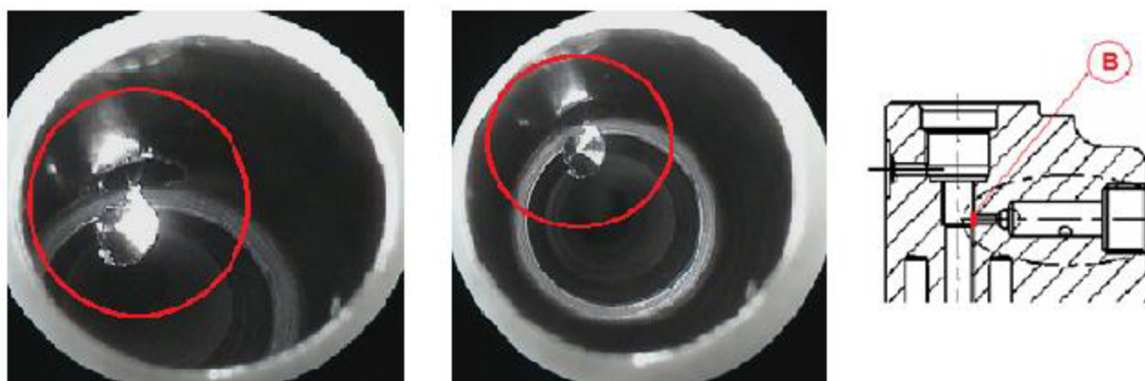
Do této skupiny byla vytríděna tělesa s přichycenou třískou tvaru pokličky v místě A (viz obr. 5.29) a bez přichycených třísek a bez otřepů v místě B (viz obr. 5.28). Do skupiny 2 byla vytríděna reprezentativní dávka 100 těles dieselového čerpadla CP3 typu A.



Obr. 5.29 Místo A se třískou tvaru pokličky.

3. Skupina 3

Do této skupiny byla vytríděna tělesa bez přichycených třísek tvaru pokličky a bez otřepů v místě A (viz obr. 5.27) a s přichycenou třískou tvaru pokličky v místě B (viz obr. 5.30). Do skupiny 3 byla vytríděna reprezentativní dávka 100 těles dieselového čerpadla CP3 typu A.



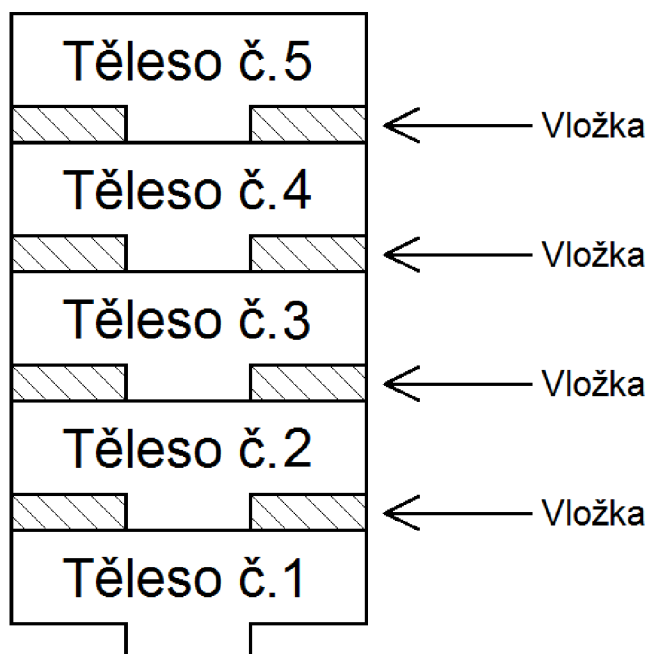
Obr. 5.30 Místo B se třískou tvaru pokličky.

5.2.4 Zakládání těles a vložek do přípravku TEMu v průběhu testu

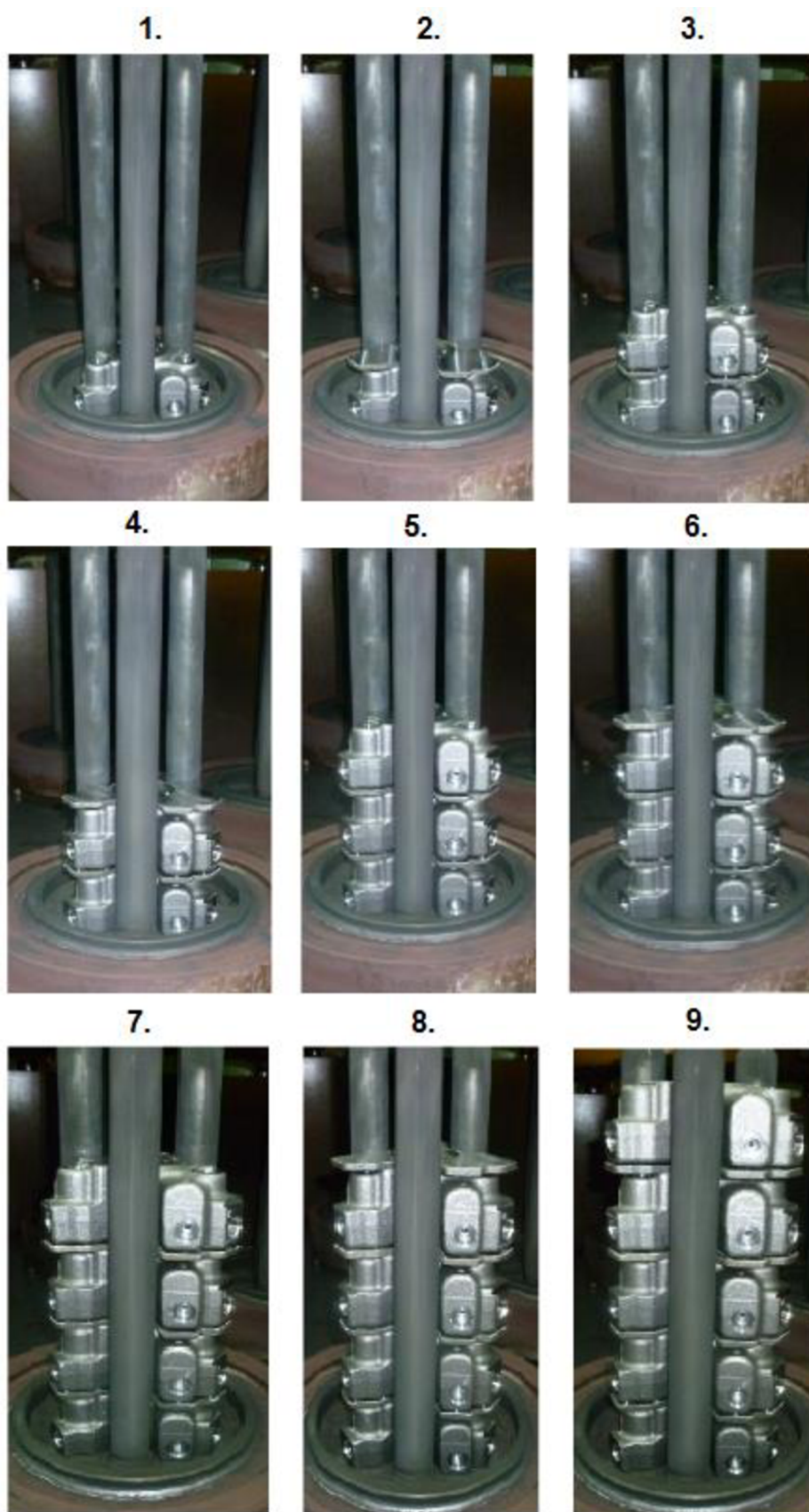
Tělesa a vložky byly v průběhu testu procesu termického odjehlování zakládány způsobem korespondujícím s podkapitolou 5.2.2. Zakládání těles a vložek je zobrazeno na obr. 5.31 a zakládání těles a vložek krok po kroku je zobrazeno na obr. 5.32:

1. Těleso č. 1 vložit do přípravku TEMu,
2. vložku vložit do přípravku TEMu stejně jako těleso,
3. těleso č. 2 vložit do přípravku TEMu,
4. vložku vložit do přípravku TEMu stejně jako těleso,
5. těleso č. 3 vložit do přípravku TEMu,
6. vložku vložit do přípravku TEMu stejně jako těleso,
7. těleso č. 4 vložit do přípravku TEMu,
8. vložku vložit do přípravku TEMu stejně jako těleso,
9. těleso č. 5 vložit do přípravku TEMu.

Na obr. 5.31 je schematicky zobrazeno zakládání těles a vložek do přípravku TEMu, a také je z tohoto obrázku dobře viditelné, že se celková výška těles v přípravku TEMu nemění oproti sériovému procesu.



Obr. 5.31 Schéma zakládání těles a vložek do přípravku TEMu v průběhu testu.

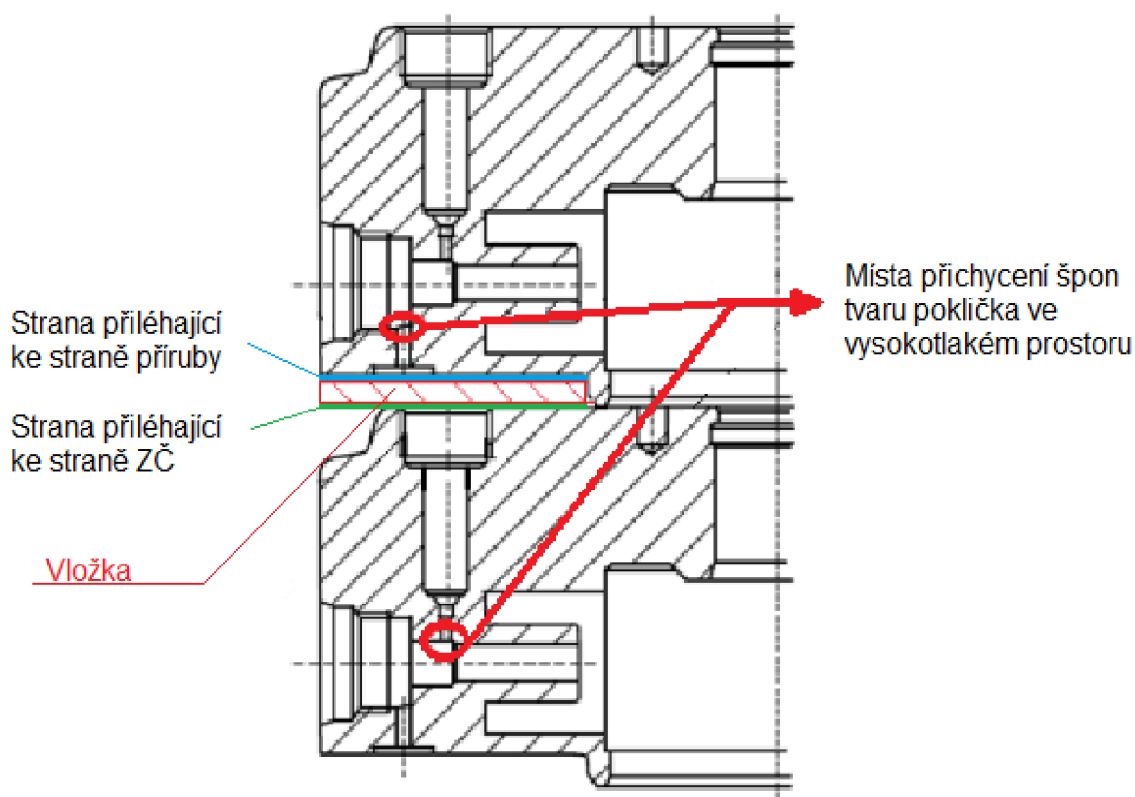


Obr. 5.32 Zakládání těles a vložek do přípravku TEMu v průběhu testu krok po kroku.

Před vyhodnocením byly vložky vyprány od nečistot z procesu termického odjehlování a následně zakaleny při stejných podmínkách, jaké jsou používané při kalení těles dieselového čerpadla CP3, aby došlo ke zviditelnění natavených třísek na styčných plochách.

5.2.5 Vyhodnocení testu procesu termického odjehlování

Závěrem testu procesu termického odjehlování bylo provedeno vyhodnocení natavených třísek na styčných plochách vložky. Vyhodnocení provedla obsluha operace výstupní kontroly. Vložky byly vyhodnocovány po skupinách, které odpovídají skupinám z podkapitoly 5.2.3. Před vyhodnocením bylo nutné si uvědomit, která strana vložky v přípravku TEMu přiléhá ke straně příruby a která přiléhá ke straně zubového čerpadla. Toto názorně ukazuje obr. 5.33.

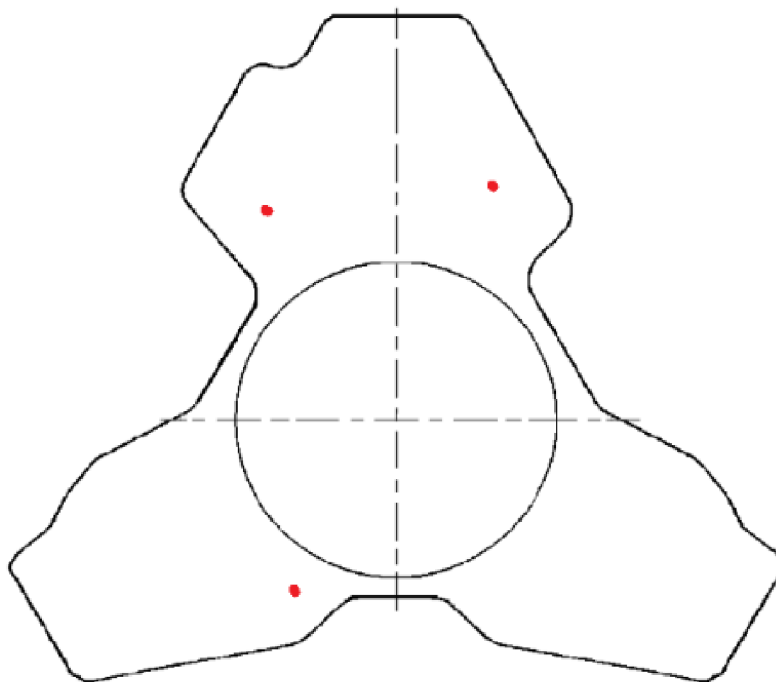


Obr. 5.33 Určení strany vložky v přípravku TEMu.

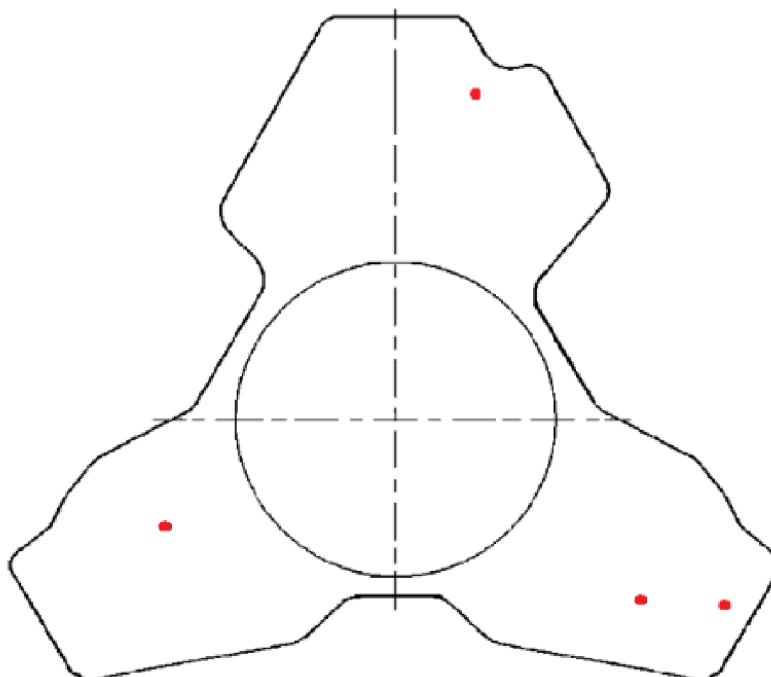
Z obr. 5.33 je zřejmé, že tříska tvaru pokličky přichycená v místě A, tedy v průniku díry $\varnothing 3$ mm pod O-kroužkem se sacím ventilem, bude pravděpodobně ovlivňovat množství natavených třísek nalezených na straně vložky přiléhající ke straně příruby. Naopak tříska tvaru pokličky přichycená v místě B, tedy v průniku díry $\varnothing 2$ mm pod RSV s odlehčením elementu, bude pravděpodobně ovlivňovat množství natavených třísek nalezených na straně přiléhající ke straně zubového čerpadla. Dle této logiky probíhalo vyhodnocení testu procesu termického odjehlování.

1. Skupina 1

Výskyt natavených třísek na straně přiléhající ke straně ZČ je zobrazen na obr. 5.34 a výskyt natavených třísek na straně přiléhající ke straně příruby je zobrazen na obr. 5.35. Jeden výskyt natavené třísky je označen jednou červenou tečkou. V této skupině bylo testováno 200 těles čerpadla CP3 typu A.



Obr. 5.34 Výskyt natavených třísek na straně přiléhající ke straně ZČ u skupiny 1.

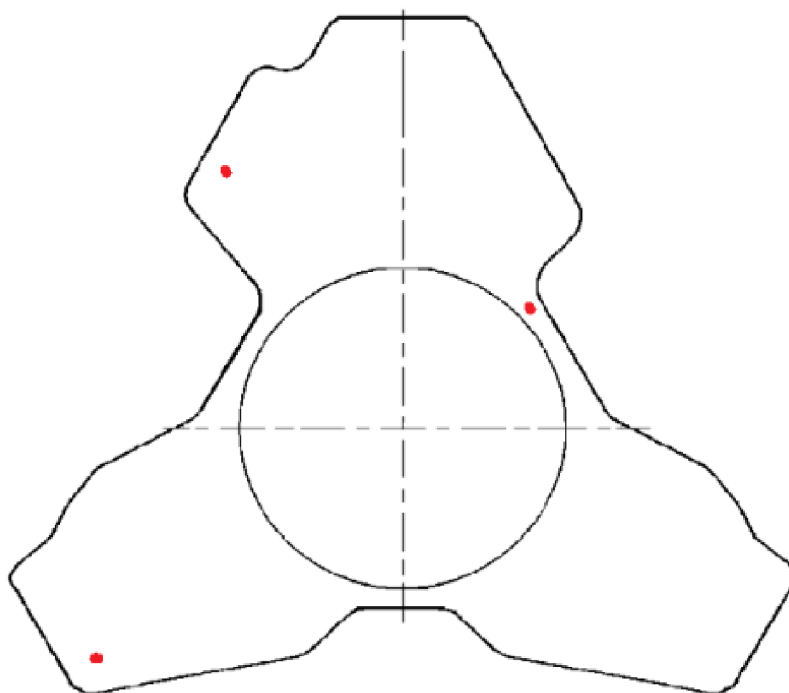


Obr. 5.35 Výskyt natavených třísek na straně přiléhající ke straně příruby u skupiny 1.

Z obr. 5.34 a z obr. 5.35 je dobře viditelné, že na obou stranách vložky byly natavené třísky nalezeny, i přestože se v nebezpečných místech třísky tvaru pokličky nevyskytovaly. V případě, že se v nebezpečných průnicích, tedy v místě A i v místě B, třísky po obrábění opravdu nevyskytovaly, nachází se v tělese ještě jiný zdroj natavených třísek, který nebyl dosud identifikován. Na druhé straně je nutné přihlídnout k chybovosti lidského faktoru, kdy obsluha ručního odjehlování mohla přehlédnout třísku v kritickém místě a zdrojem natavených třísek by potom zčásti mohla být také tříska tvaru pokličky z kritického místa.

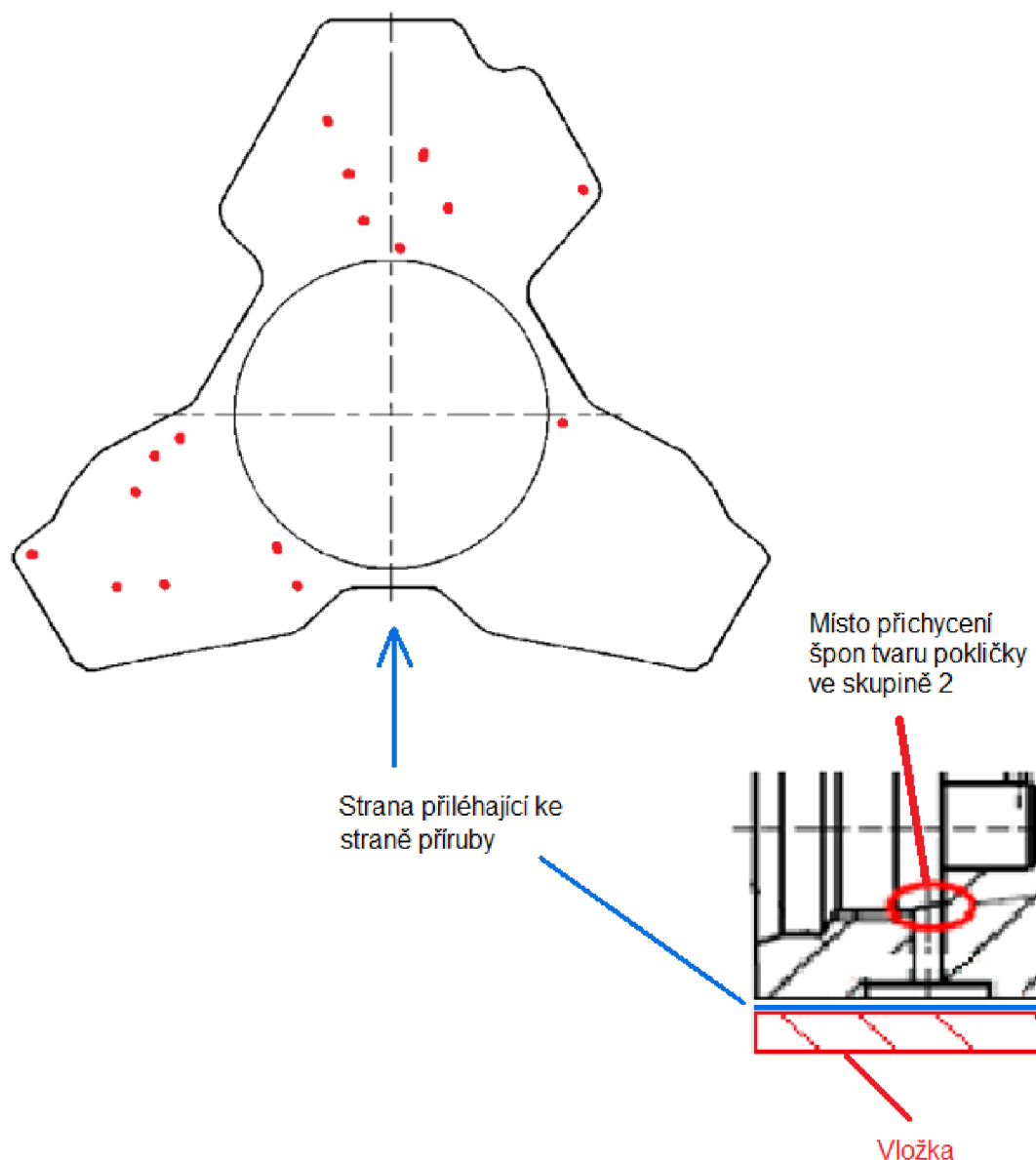
2. Skupina 2

Výskyt natavených třísek na straně přiléhající ke straně ZČ je zobrazen na obr. 5.36 a výskyt natavených třísek na straně přiléhající ke straně příruby je zobrazen na obr. 5.37. Jeden výskyt natavené třísky je označen jednou červenou tečkou. V této skupině bylo testováno 100 těles čerpadla CP3 typu A.



5.36 Výskyt natavených třísek na straně přiléhající ke straně ZČ u skupiny 2.

Z obr. 5.36 vyplývá stejný závěr jako u skupiny 1, že se v tělese nachází ještě jiný, zatím neidentifikovaný zdroj natavených třísek. V místě, které pravděpodobně ovlivňuje stranu přiléhající ke straně ZČ, tedy v místě B, nebyly totiž žádné třísky tvaru pokličky. Na druhé straně je nutné přihlídnout k chybovosti lidského faktoru, kdy obsluha ručního odjehlování mohla přehlédnout třísku v nebezpečném místě B a zdrojem natavených třísek by potom zčásti mohla být také tříska tvaru pokličky z tohoto místa.

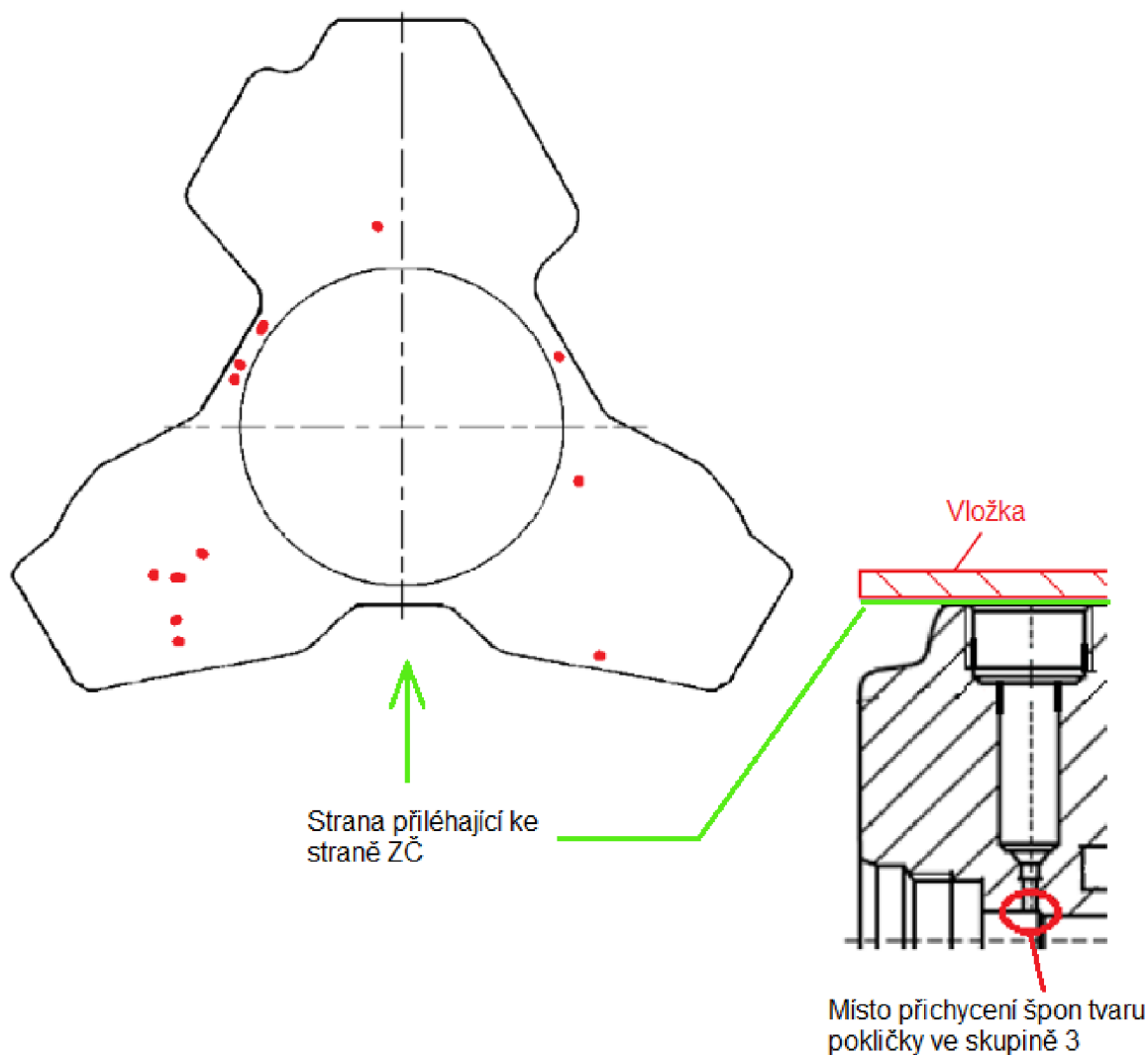


Obr. 5.37 Výskyt natavených třísek na straně přiléhající ke straně příruby u skupiny 2.

Z obr. 5.37 vyplývá, že na místě pravděpodobně ovlivňující stranu přiléhající ke straně příruby, tedy místo A, s výskytem třísky tvaru pokličky na všech tělesech bylo nalezeno několikanásobně více natavených třísek než ve skupině 1, kde bylo toto místo bez třísky tvaru pokličky na všech tělesech. Tento fakt jasně ukazuje, že tříska tvaru pokličky v místě A výrazně ovlivňuje množství natavených třísek na straně vložky přiléhající ke straně příruby během testu. Z toho vyplývá, že v reálném procesu tato tříska výrazně ovlivňuje množství natavených třísek na těsnící ploše RSV.

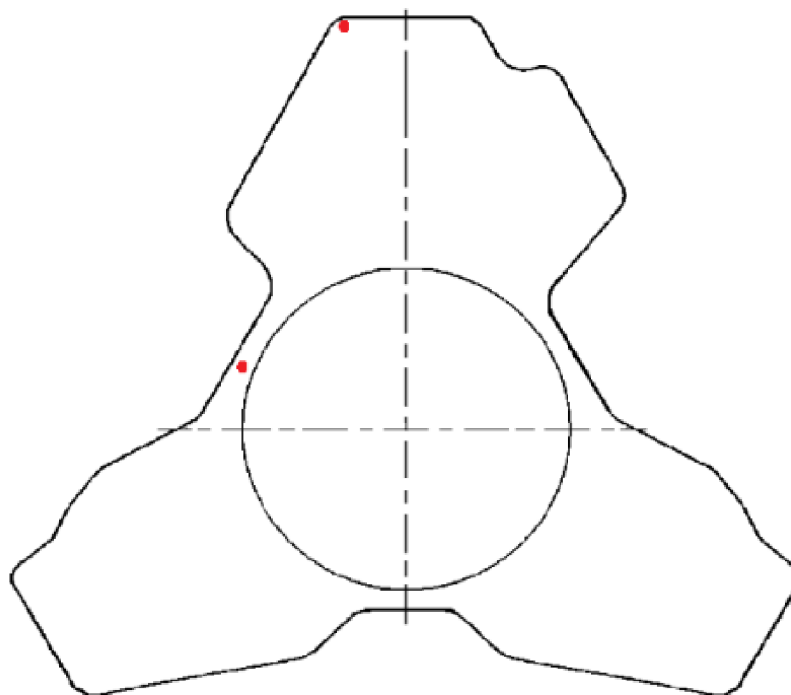
3. Skupina 3

Výskyt natavených třísek na straně přiléhající ke straně ZČ je zobrazen na obr. 5.38 a výskyt natavených třísek na straně přiléhající ke straně příruby je zobrazen na obr. 5.39. Jeden výskyt natavené třísky je označen jednou červenou tečkou. V této skupině bylo testováno 100 těles čerpadla CP3 typu A.



Obr. 5.38 Výskyt natavených třísek na straně přiléhající ke straně ZČ u skupiny 3.

Z obr. 5.38 je dobře viditelné, že když bylo místo, které pravděpodobně ovlivňuje stranu přiléhající ke straně ZČ, tedy místo B, s výskytem třísky tvaru pokličky na všech tělesech, tak na této straně vložky bylo nalezeno několikanásobně více natavených třísek než ve skupině 1 a ve skupině 2, kde se třísky tvaru pokličky v tomto místě nenacházely. Tento fakt jasně ukazuje, že tříska tvaru pokličky v místě B výrazně ovlivňuje množství natavených třísek na straně vložky, která během testu přiléhala ke straně ZČ. Z tohoto hodnocení vyplývá, že v reálném procesu tato tříska výrazně ovlivňuje množství natavených třísek na těsnící ploše pro O-kroužek.



Obr. 5.39 Výskyt natavených třísek na straně přiléhající ke straně příruby u skupiny 3.

Z obr. 5.39 vyplývá stejný závěr jako u skupiny 1, že se v tělese nachází ještě jiný zdroj natavených třísek, který není dosud identifikovaný. V místě, které pravděpodobně ovlivňuje stranu přiléhající ke straně příruby, tedy v místě A, nebyly totiž žádné třísky tvaru pokličky. Na druhé straně je nutné přihlídnout k chybovosti lidského faktoru, kdy obsluha ručního odjehlování mohla přehlédnout třísku v nebezpečném místě A a zdrojem natavených třísek by potom zčásti mohla být také tříska tvaru pokličky z tohoto místa.

5.2.6 Dílčí závěr

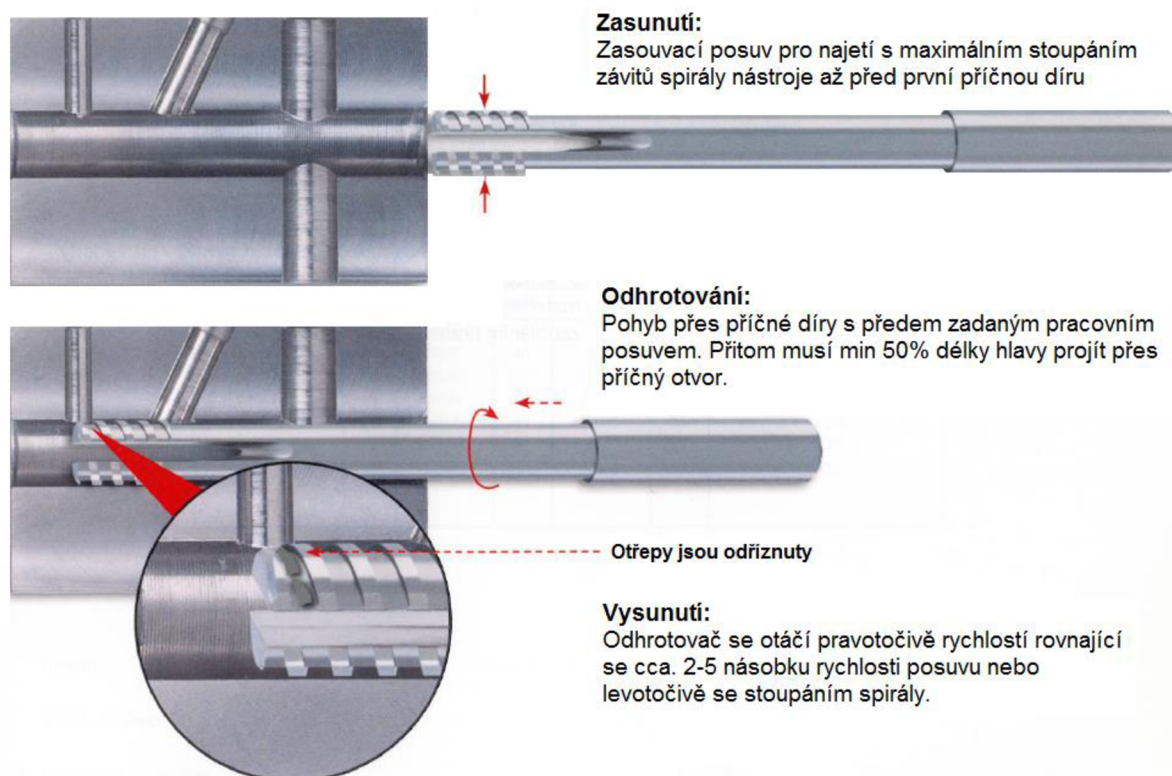
Z podkapitoly 5.2.5 je zřejmé, že největším zdrojem natavených třísek jsou místa, která jsme si zvolili jako nebezpečná v podkapitole 5.1.5. Jedná se o místo A, tedy o průnik díry $\varnothing 3$ mm pod O-kroužkem se sacím ventilem, a o místo B, tedy o průnik díry $\varnothing 2$ mm pod RSV s odlehčením elementu, ve kterých se vyskytuje tříska tvaru pokličky. Z tohoto vyplývá, že pro snížení natavených třísek je nutné tyto třísky odstraňovat. Návrhům opatření se budeme věnovat v další kapitole.

5.3 Návrhy nových nástrojů na odjehlování krizových průníků

Doposud byly používány nástroje, které v nebezpečných místech u většiny těles zanechaly po obrábění třísku tvaru pokličky, nebo vyhrnutý otřep. Tyto nástroje bylo nutné nahradit jinými nástroji, které lépe vyhovují našim požadavkům mít všechna tělesa odjehlena v krizových průnicích. Z tohoto důvodu bylo svoleno k testu nových nástrojů.

5.3.1 Odhrotovací spirála EW 100 S

Tento nástroj byl použit na obrábění nebezpečného místa A jako odjehlovací nástroj. Funkční princip odhrotovací spirály EW 100 S vychází z předepnutí proříznuté řezné části. V řezné části má odhrotovací spirála minimálně větší průměr než díra, která má být obrobena. Najetím do obráběného otvoru je proříznutá část při vstupu do otvoru stlačena, a tím dochází k předepnutí. Toto předepnutí uvnitř otvoru a zejména v oblasti příčných děr, které mají být odhrotovány, zajistí, že řezná spirála perfektně přiléhá ke stěně otvoru, popř. hraně příčného otvoru. Otřep na příčné díře tak bude precizně a čistě u kořene odstraněn. Přitom vznikají velmi malé piliny, které lze bez problémů z otvoru odvést. Předpokladem pro vývoj odhrotovací spirály EW 100 S byl slinutý karbid jako řezný materiál, který vykazuje přiměřeně nízkou tuhost a umožňuje nezbytnou deformaci v řezné části [2]. Způsob funkce je znázorněn na obr. 5.40.

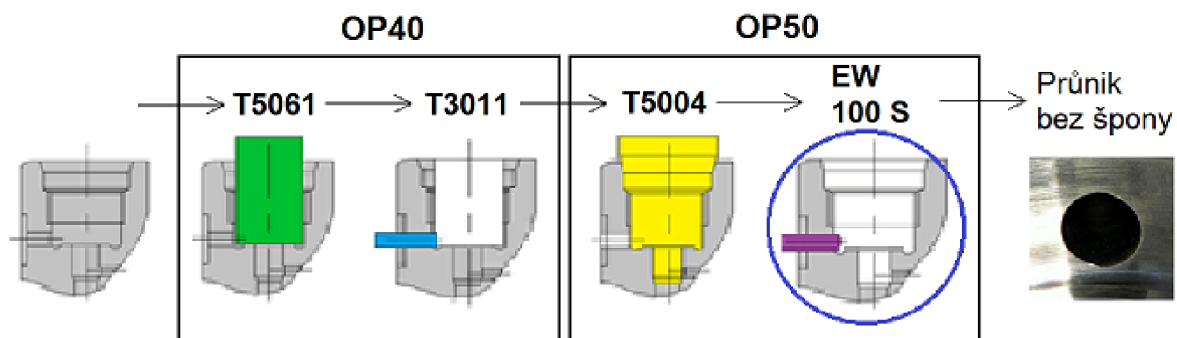


Obr. 5.40 Způsob funkce odhrotovací spirály EW 100 S [2].

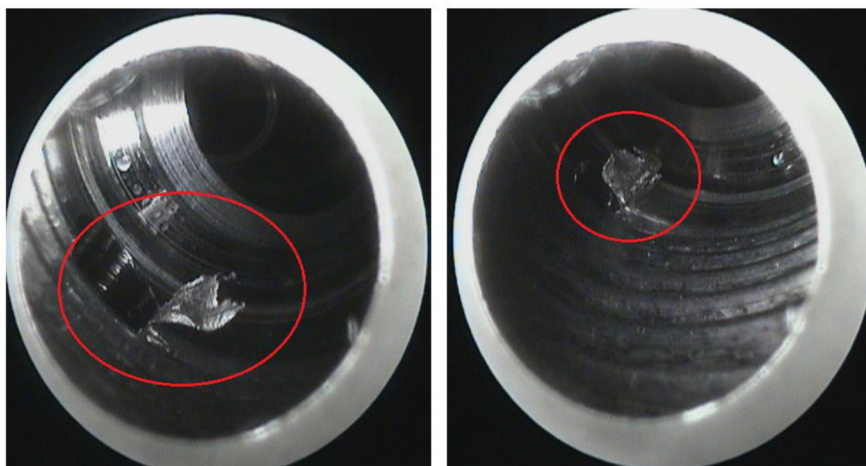
Test odhrotovací spirály EW 100 S

Odhrotovací spirála EW 100 S byla testována pouze na jednom z osmi strojů operace 50, tzn., že odjehlování místa A touto odhrotovací spirálou probíhalo na jiné operaci než samotné vrtání této díry (viz obr. 5.41). Bylo tak rozhodnuto z důvodu vyváženosti vytižení jednotlivých operací Flex linky. Toto rozhodnutí se však později ukázalo jako zlomové pro funkčnost odhrotovací spirály. Protože nulové body jednotlivých strojů

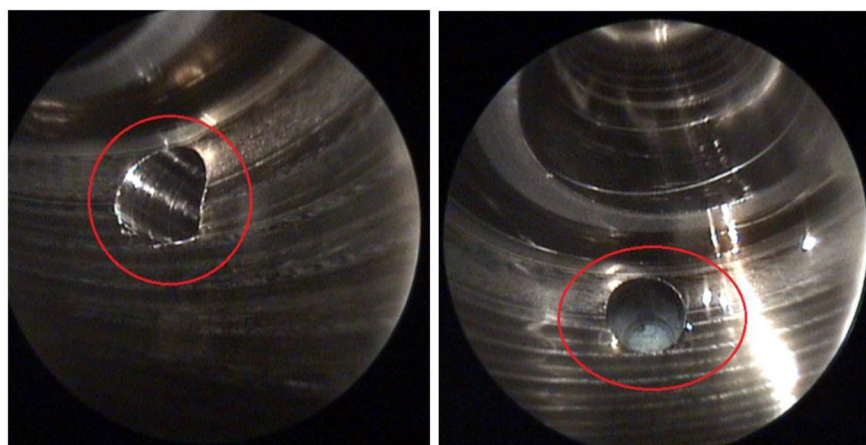
nemusely být v naprosto stejné pozici, tak odhroťovací spirála mohla při najetí do obráběného otvoru narazit do tělesa a vzhledem k $\varnothing 3$ mm a podélně rozříznuté řezné části, často docházelo k zalomení nástroje. Nicméně odhroťovací spirála EW 100 S průnik odjehla na všech tělesech. Rozdíl mezi obrobením místa A bez použití odhroťovací spirály EW 100 S a s použitím odhroťovací spirály EW 100 S je viditelný z obr. 5.42 a z obr. 5.43.



Obr. 5.41 Sled vrtacích operací místa A v průběhu testu.



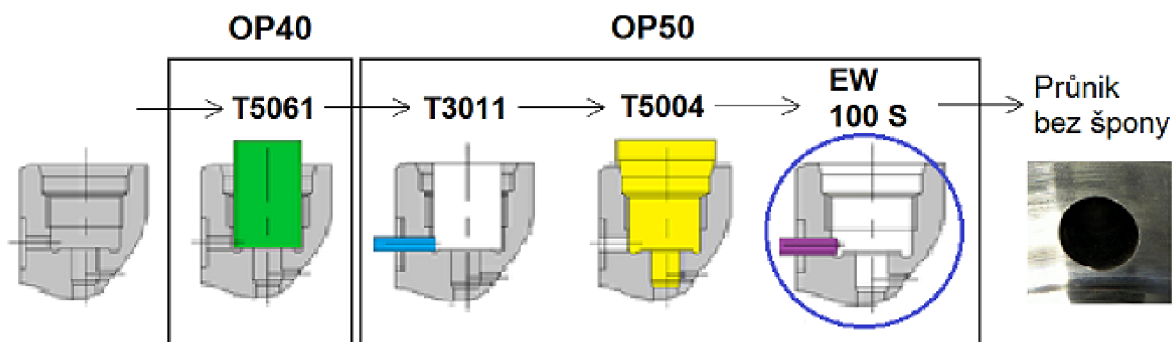
Obr. 5.42 Odjehlení místa A bez použití odhroťovací spirály EW 100 S.



Obr. 5.43 Odjehlení místa A při použití odhroťovací spirály EW 100 S.

Závěr testu odhrotovací spirály EW 100 S

Z tohoto testu je dobře viditelné, že odhrotovací spirála EW 100 S místo A bez problému odjehlí, ale nemá dostatečnou odolnost vůči mechanickému poškození. Tento nástroj by mohl být v budoucnosti zařazen do procesu obrábění tělesa dieselového čerpadla CP3 pouze v případě, že by se podařilo tento nástroj zařadit na stejnou operaci jako samotné vrtání kanálku $\varnothing 3$ (viz obr. 5.44). Toto by zamezilo mechanickému poškození nebo zlomení nástroje v důsledku nabourání nástroje do tělesa.



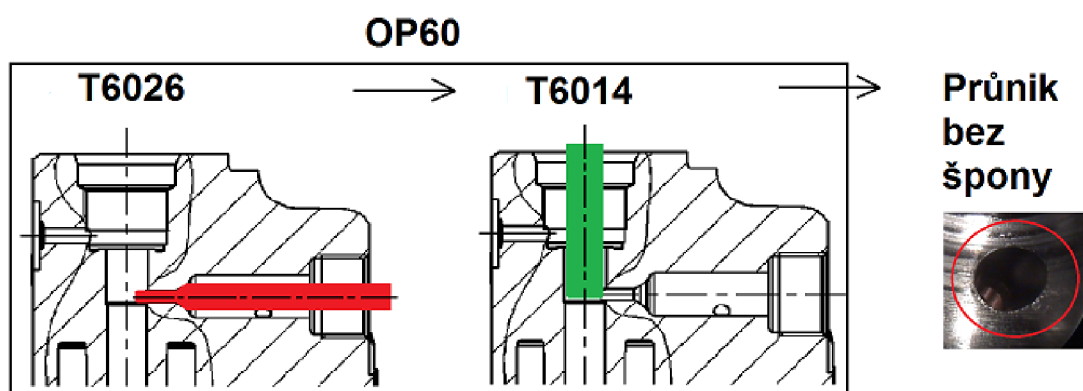
Obr. 5.44 Navrhnutý sled vrtacích operací místa A pro sériový proces.

5.3.2 Vrták s vnitřním chlazením T6026

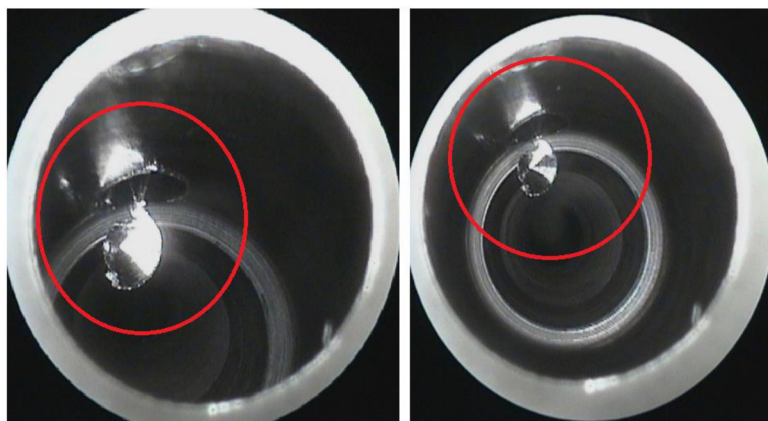
Pro obrábění druhého nebezpečného místa, tedy místa B, byl navrhnout vrták s vnitřním chlazením až ke špičce s označením T6026. Doposud byl používán stejný vrták, ale bez vnitřního chlazení až ke špičce. Vrták T6026 s vnitřním chlazením až ke špičce je zobrazen v příloze 2.

Test vrtáku s vnitřním chlazením T6026

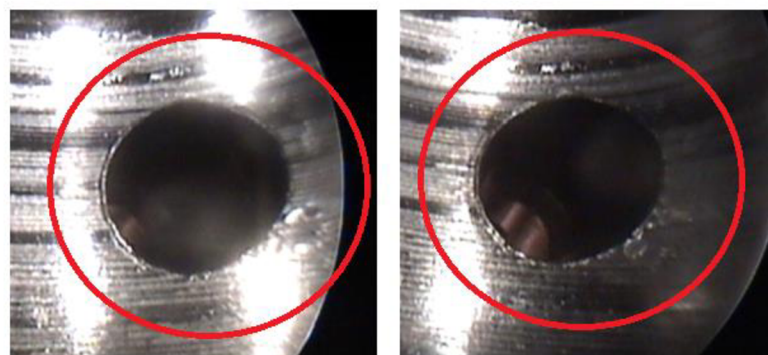
Tento nástroj byl testován pouze na jednom ze čtyř strojů operace 60. Nebezpečná místa obrobena na tomto stroji byla v téměř 100% případech bez třísky tvaru pokličky, přičemž byly použity stejné rezné podmínky jako pro vrták bez vnitřního chlazení až ke špičce. Sled vrtacích operací pro místo B je zobrazen na obr. 5.45. Rozdíl mezi obrobem místa B bez použití vrtáku s vnitřním chlazením až ke špičce a s použitím vrtáku s vnitřním chlazením až ke špičce je viditelný z obr. 5.46 a z obr. 5.47.



Obr. 4.45 Vrtací operace pro odjehlení místa B.



Obr. 5.46 Obrobena vrtákem bez vnitřního chlazení až ke špičce.



Obr. 5.47 Obrobena vrtákem s vnitřním chlazením až ke špičce.

Závěr testu vrtáku s vnitřním chlazením až ke špičce T6026

Test vrtáku T6026 ukázal, že při použití tohoto nástroje nevznikají třísky tvaru pokličky v místě B. To pro sériovou výrobu znamená, že může být z procesu odstraněn vrták T6014 pro odjehlení tohoto průniku (viz obr. 5.45). To by pro proces znamenalo snížení strojního času a nákladů na nástroj.

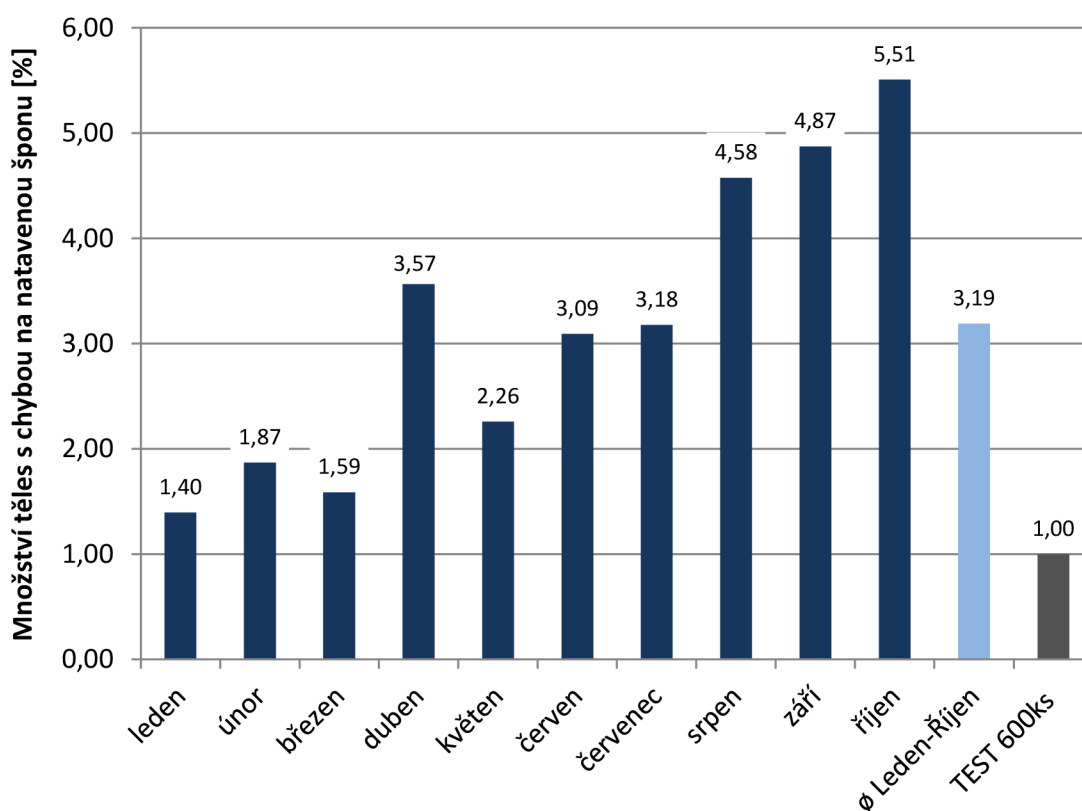
Vrták T6026 s vnitřním chlazením až ke špičce však zatím do sériové výroby nebyl z finančních důvodů nasazen.

5.3.3 Vysokotlaké praní krizových průníků

Jako další možnost, jak odstraňovat třísky tvaru pokličky ze dvou nebezpečných míst, bylo navrženo vysokotlaké praní těles, a to pod tlakem 300 barů. Vysokotlaké praní v průběhu testu nahradilo praní po obrábění, které sice z tělesa vypere volné třísky, ale slabě přichycené třísky v tělese zanechá.

Test na vysokotlaké prače

Test proběhl na 600 tělesech rodiny 2. Pračku se podařilo nastavit na praní s o 2 vteřiny nižším strojním časem než u pračky po obrábění, která se nachází v sériovém procesu. Tělesa, která prošla tímto testem, byla zpracována operací termického odjehlování odděleně, aby nebyla v TEMu ovlivněna ostatními tělesy, které tímto testem neprošly. Vývoj natavených třísek u této rodiny průměrně v roce, kdy se testovalo a v době testu, najdete na obr. 5.48.



Obr. 5.48 Vývoj natavených třísek rodiny 2 průměrně v roce, v kterém se testovalo a v době testu.

Vyhodnocení testu na vysokotlaké pračce

Z testu je zřejmé, že tělesa, která prošla tímto testem, mají zhruba o 2% nižší výpadky na natavené třísky než tělesa, která prošla sériovým procesem. Z toho vyplývá, že kdyby byla vysokotlaká pračka zavedena do sériového procesu, tak by natavené třísky nalezené na tělesech dieselového čerpadla CP3 také klesly. Navíc na testovaných tělesech byla zjištěna zvýšená čistota těles. Nicméně vysokotlaká pračka nebyla zavedena do sériového procesu z důvodu vysokých nákladů na generální opravu této pračky.

5.3.4 Vyhodnocení z testování nových nástrojů

Odhrtovací spirála EW 100 S prozatím nebyla zařazena do sériového procesu z důvodu jejího častého mechanického poškození. Odhrtovací spirála bude do sériového procesu zařazena, až se podaří odjehlování místa A zařadit na stejnou operaci jako jeho vrtání.

Vrták T6026 s vnitřním chlazením až ke špičce zatím nebyl zařazen do sériového procesu.

Vysokotlaká pračka nebyla zařazena do procesu z důvodu vysokých nákladů na nutnou generální opravu.

5.4 Stav natavených třísek v průběhu testů

V průměru se u rodiny 3 v období od července 2014 do června 2015 vyskytovalo 1,98% těles s chybou na natavenou třísku (viz příloha 2), a to znamená, že množství těles s chybou na natavenou třísku kleslo zhruba o 1,5% oproti předchozímu období. Tento fakt byl zapříčiněn testováním účinnějších nástrojů na obrábění nebezpečných míst, důslednějším odjehlováním těles na operaci ručního odjehlování a také náhodným jevem, který nebyl blíže určen. Průměr za sledované období je 1,98%, z čehož plyne, že je splněn cíl daný společností Bosch Diesel s.r.o., který byl nastaven na maximální hodnotu 2% těles s chybou na natavenou třísku.

ZÁVĚR

Bylo zanalyzováno těleso čerpadla CP3, v němž byla nalezena riziková místa tělesa z hlediska natavených třísek a určeny zdroje natavených třísek podle možnosti jejich odjehlení na operaci ručního odjehlování. Jako zdroj natavených třísek bylo označeno **místo A** a **místo B**. Pro obrábění těchto míst byla testována následující opatření:

- K odstranění třísky v místě A byla testována odhrotovací spirála EW 100 S, která se ale při odhrotování místa A lámala, a proto nakonec nebyla do procesu zařazena a místo A se nadále odjehluje konvenční metodou.
- Pro místo B byla navržena varianta nástroje, u kterého je chlazení vyvedeno až pod jeho břit. Toto opatření mělo zamezit vyhrnování otřepů v místě B, avšak nástroj zatím nebyl nasazen do sériové výroby z ekonomických důvodů. Pro vrtání díry v místě B se nadále používá standardně chlazený vrták.
- Pro odstranění zdrojů natavených třísek z místa A i místa B zároveň byla navržena varianta vysokotlakého praní těles namísto operace praní po obrábění. Tato varianta byla otestována a výsledky ukazovaly výrazně nižší množství natavených třísek na testované dávce a navíc jako bonus se podařilo dosáhnout zvýšené čistoty těles CP3 a snížení strojního času praní. Vysokotlaká pračka nebyla zařazena do sériového procesu z důvodu vysokých nákladů na její generální opravu. Nadále se pak v sériovém procesu používá nízkotlaká pračka.

Z ekonomických důvodů nebylo zatím zavedeno žádné trvalé opatření k eliminaci zdrojů natavených třísek. V případě budoucí potřeby je ovšem možné v předložené práci nalézt efektivní řešení k eliminaci natavených třísek.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KRÁLÍK, J. Robert Bosch GmbH, *Bosch v České republice*. 2007. 102 stran. Praha: BB Partner, s.r.o., neprodejné
2. Bosch Diesel Jihlava spol. s.r.o., *Firemní a školící materiály*
3. *MM průmyslové spektrum: Termické odhroťování* [online]. 2011, 2011(4) [vid. 2016-02-23]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/termicke-odhrotovani-2.html>
4. *PROVE TECH CZ: Jak funguje termické odhroťování* [online]. [vid. 2016-02-23]. Dostupné z: http://www.provetech.cz/?page_id=23
5. Kennametal inc.; patent issued for device for the thermal deburring of workpieces. (2014). *Journal of Engineering*, , 4239. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/1640709338?accountid=17115>
6. Kennametal inc.; "device for the thermal deburring of workpieces" in patent application approval process. (2014). *Life Science Weekly*, , 2899. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/1629684875?accountid=17115>
7. Bosch deburring techniques at valeo securities. (1993). *Assembly Automation*,13(3), 40. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/212602599?accountid=17115>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CP3	[-]	common pump třetí generace
CP4	[-]	common pump čtvrté generace pro osobní automobily
CPN5	[-]	common pump páté generace pro nákladní automobily
DRV	[-]	tlakový regulační ventil
EW 100 S	[-]	označení odjehlovací spirály
OPXX	[-]	název operace
PF33	[-]	vysokotlaké dieselové čerpadlo
RSV	[-]	zpětný ventil
TEM	[-]	termické odjehlování
T XXXX	[-]	označení nástroje
ZČ	[-]	zubové čerpadlo

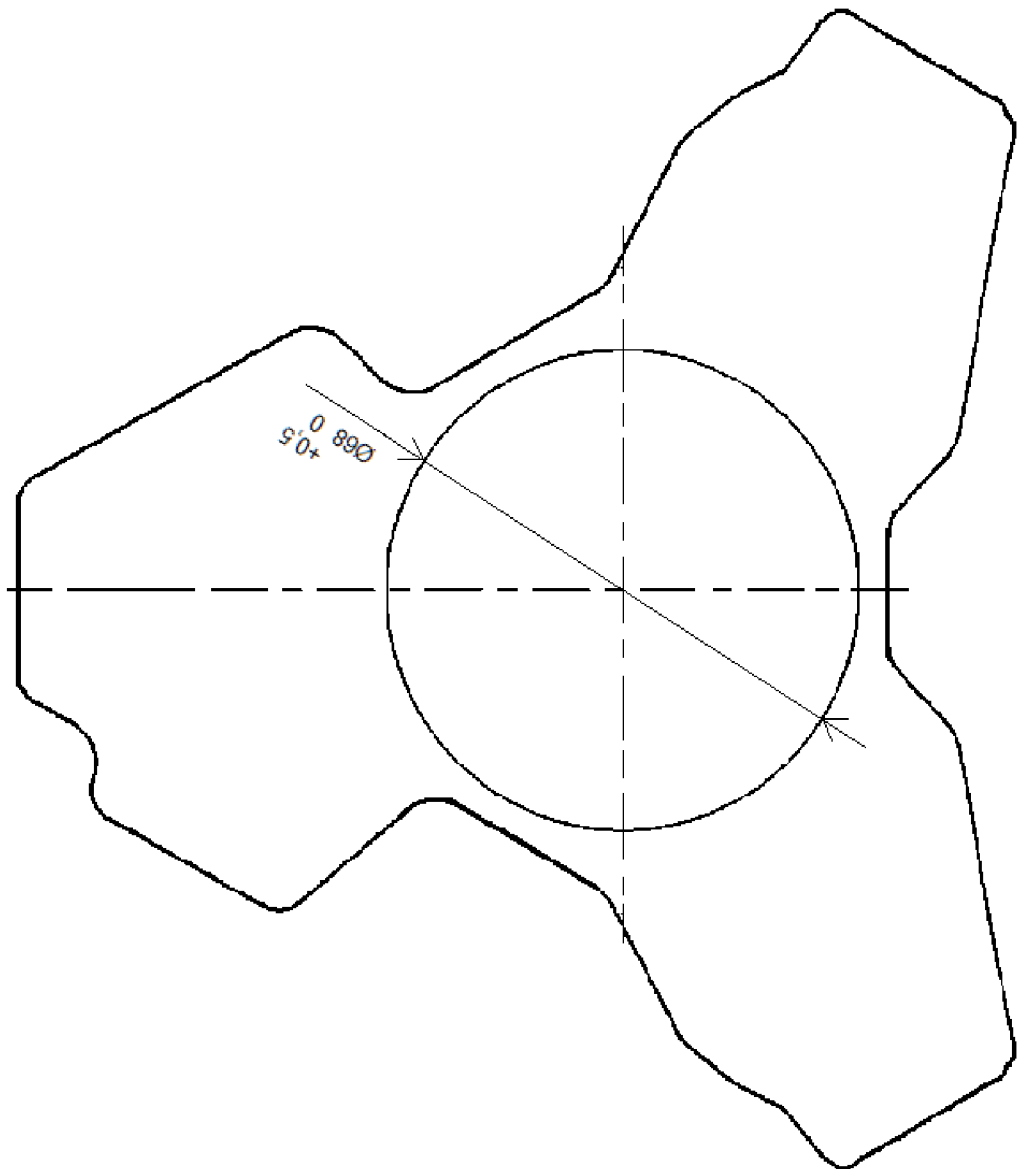
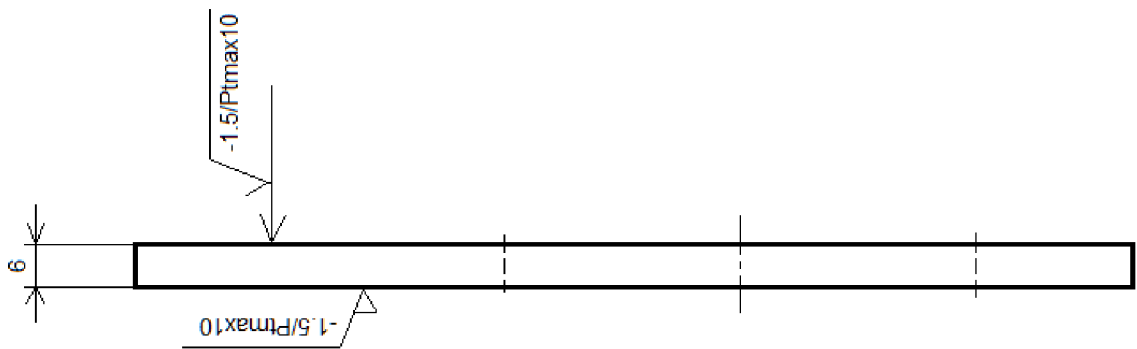
Symbol	Jednotka	Popis
Ptmax	[μm]	střední aritmetická hodnota drsnosti

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Vložka

Příloha 2 Interní výpadky na natavenou třísku 7/14 až 6/15

PŘÍLOHA 1 - VLOŽKA



PŘÍLOHA 2 - INTERNÍ VÝPADKY NA NATAVENÉ TRÍSKY 7/14 AŽ 6/15

